

٢٤٥



ضُرُورَةُ الْعِلْمِ

دَرَسَاتُ فِي الْعِلْمِ وَالْعُلَمَاءِ

تأليف: ماكس بيروتر
ترجمة: واسل أتا سي
د. بشار مقصراي
مراجعة: د. عدنان الحموي





سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

ضُرورة العلم

دراسات في العلم والعلماء

تأليف: ماكس بيروترز

ترجمة: وائل أوتاسي

د. بسام معصراني

مراجعة: د. عدنان الحموي



المحرم ١٤٢٠ هـ - مايو/أيار ١٩٩٩ م

المشرف العام:

د. محمد الترميحي

هيئة التحرير:

د. فؤاد زكريا / المستشار

جاسم السعدون

د. خليفة الوقيان

د. سليمان البدر

د. سليمان الشطي

د. سليمان العسكري

عبد الرزاق البصير

د. علي الطراح

د. فهد الثاقب

د. ناجي سعود الزيد

مدير التحرير:

عبد السلام رضوان

ردمك ٨-١٩-٠٠-٩٩٩٠٦

ISBN 99906-0-019-8

صدرت السلسلة في يناير (١٩٧٨)

بإشراف: أحمد مشاري العدوان (١٩٢٣-١٩٩٠)

IS Science Necessary?

Essays on Science & Scientists

by

Max Perutz

Oxford University Press

London, New York & Toronto, 1992.

العنوان الأصلي للكتاب:



المحتوى

الصفحة

المقدمة	٩
القسم الأول: هل العلم ضروري؟	١٣
- التأثير الإنساني للعلم	١٥
القسم الثاني: علماء كبار	١٢٩
- مكتشفو البنسلين	١٣١
- مكتشف نواة الذرة	١٤٩
- مكتشف الميكانيك الكمومي	١٥٨
- مكتشف اللولب المزدوج	١٦٩
القسم الثالث: حول العلم	١٧٣
- كيف تصبح عالماً؟	١٧٥
- عالم جديد شجاع	١٨٥
- أشغال الطبيعة غير المتقنة	١٩٥
- داروين وبوبر والتطور	٢٠٣
- وزارة الدفاع	٢١١
- المزيد عن المناعة	٢٢٤
- الفيزياء ولغز الحياة	٢٣٤

العلم وحده هو القادر على حل مشكلات الجوع والفقر
والمرض والجهل ، والخرافات والعادات والتقاليد البالية ،
والشروات الهائلة الآيلة إلى النضوب ، والبلدان الغنية التي
تتضور شعوبها جوعا . . .

وهل هناك من يجرؤ على تجاهل العلم؟ فنحن ناتمس
العون منه في كل أمر . . . ولا وجود في المستقبل إلا للعلم ،
ولكل من يناصر العلم .

جواهر لال نهرو (١٨٨٩ - ١٩٦٤)

أول رئيس وزراء للهند بعد الاستقلال

مقدمة

أنا عالم متخصص في البيولوجيا الجزيئية ، وقد صرفت حياتي لمعرفة شكل هذه الجزيئات التي تقوم بدور الشغيلة في الخلية الحية ، وكيفية قيامها بعملها . وفي أحد الأيام طلب إلي أحدهم أن ألقى محاضرة عما للبيولوجيا الجزيئية من أثر في المجتمع . غير أن هذا الموضوع بدا لي سابقا لأوانه . لذلك استبدلت به الحديث عما للعلم بمجموعه من أثر في المجتمع ، واخترت ثلاثة موضوعات هي الأساسية لوجودنا - إنتاج الغذاء والصحة والطاقة - فعرضتها من منظور عالمي يتناول ما أنجز فيها من قبل وما يتوقع إنجازه في المستقبل . ومن هذه المحاضرة نبتت أول مقالة في هذا الكتاب ، وهي «هل العلم ضروري»؟

لقد غير العلماء طريقة حياتنا تغييرا يفوق في قوته ، ما أحدثه فيها نجوم التلفزيون ورجال الدولة و«الجنزالات» من تغيرات . ولكن ما يعرفه الجمهور عن هؤلاء العلماء يتعدى كثيرا الصورة الكاريكاتورية للعالم الناسك المتبلد الإحساس ، الذي يكدر فكره بمسائل عويصة لا يستطيع شرحها إلا بتهمات تستعصي على الفهم . غير أن المرحوم ميداور^(*) حطم هذه الصورة المشوهة إذ قال : «لقد آن الأوان لكي يتخلى رجل الشارع عن الاعتقاد المضلل بأن البحث العلمي عمل تنقصه حرارة العاطفة والإثارة ، ويخلو من مزايا الخيال ، وأن العالم رجل منصرف إلى الاكتشاف ، لأن البحث العلمي في أي مرحلة من مساره هو مشروع ساحر مشير ، بل إن الارتقاء في المعرفة الطبيعية يتوقف قبل كل شيء على إيجاد منفذ إلى ما يمكن تخيله وإن لم يزل غير معروف» .

(*) Peter Medawar عالم بعلم الحيوان (بريطاني من أصل لبناني ١٩١٥-١٩٨٧) وأحد رواد علم المناعة في العالم ، حاز جائزة نوبل في الطب عام ١٩٦٠ مشاركة مع (م . بيرنت) تقديرا لبحوثه في زراعة الأعضاء .

وفي العلم ، كما في أي مسعى آخر ، يمكن أن نعثر على قديسين ودجالين ، ومحاربين وزهبان ، وعباقره وحمقى ، ومستبدين وعبيد ، ومحسنين وبؤساء ، ولكن ثمة سمة يشترك فيها أفضلهم مع كبار الكتاب والموسيقيين والفنانين ، وهي الإبداع . فعقول الناس تفضل السير في الدروب المألوفة ، أما إبداع أي شيء جديد كل الجدة فينطوي على قدر هائل من الصعوبة .

وفي حالتي الإبداع الفني والعلمي ، يأتي الخيال في المرتبة الأولى - وهو يعمل في نطاق ثقافة واحدة لا ثقافتين (*) - ولكن بينما ينحصر الفنان في إطار أطروحاته الشخصية ومعطيات الثقافة التي يعيش في وسطها ، فإن على العالم أن يلتزم بقوانين الطبيعة والحقائق التي يتوصل إليها زملاؤه النقاد .

ولقد قال ونستون تشرشل ما معناه أن «لا حاجة إلى أن تكون مهذبا في العلم ، كل ما عليك فيه هو أن تكون على حق» . إن كبار العلماء والفنانين يشتركون أيضا في سمة أخرى ، وهي أنهم ينصرفون بكليتهم إلى بحوثهم بكل عزم وإخلاص .

فرنوار (**) مثلا كان يرسم كل يوم من أيام حياته ، وعندما جعل تقدم السن أصابعه عاجزة عن الإمساك بالفرشاة ، بسبب داء النقرس الذي أصابه ، استعان بشخص لكي يربط له الفرشاة بيده . أما هايدن (***) فكان يستيقظ مبكرا كل صباح ليؤلف ألحانا موسيقية ، وإذا خائته الأفكار ، كان يمسك بسبحته ويصلي لكي ترسل له السماء إلهاما جديدا . كما أعاد تولستوي كتابة قصة «الحرب والسلام» سبع مرات . وعندما سئل نيوتن كيف توصل إلى استبصاراته الصائبة أجاب : «إنني لا أترك المسألة تغيب عن عقلي أبدا» .

(*) الإشارة هنا إلى التضاد الذي قال به الكاتب C.P.Snow بين نوعين من الثقافة في العصر الحديث : ثقافة العلم وثقافة الأدب ، وذلك في مقاله المشهور بعنوان «الثقافتان» .

(**) مصور فرنسي مشهور ينتمي إلى المدرسة الانطباعية في التصوير (Impressionism) .

(***) مؤلف موسيقي ألماني يوصف بأنه أبو التأليف السيمفوني ، وقد ألف أكثر من مائة سيمفونية . وكان يتهوئف وموتسارت وغيرهما من كبار الموسيقيين يعترفون بأستاذيتهم لهم .

لن نجني الكثير من تتبع العالم في جهوده اليومية ، ولكننا نجني الكثير من تقصي آثار التفاعلات الفذة بين المعرفة النظرية والمهارات اليدوية ، وتقصي النسيج الذي يجمع بين اللقاءات الشخصية والمشاهدات العرضية والمزاج والحالة النفسية ، والصدمات التي تتوالى إلى أن تصنع الاكتشافات . وعلى الرغم من ذلك لا يمكن غالباً النفاذ إلى قفزة العقل الحاسمة ، ثم إنه لا يزال هناك ما يقال بشأن اكتشاف السبب في أن هناك آخرين ، عميت بصيرتهم عن التقاط ما حاولت الطبيعة أن تقوله لهم ، على الرغم من أنهم في الظاهر كانوا قادرين على ذلك .

إن العلم الحقيقي يزدهر أكثر ما يزدهر ، فيما يشبه البيوت الزجاجية ، حيث يمكن لكل إنسان أن يرى ما فيها . أما حين تطلّى نوافذها بالسواد كما في الحروب ، فتصبح الغلبة للأعشاب الطفيلية الضارة ، كذلك يكثر المشعوذون والمهووسون حين تكبت الأصوات النقدية .

حين تُعرض للنقاش في البرلمان البريطاني قضايا عامة تتعلق بأمور تجارية ، يتوقع عندئذ من أعضاء البرلمان أن يعلنوا مصالحهم بشأنها . كذلك قد يشبه بعض قراء مقالتي «هل العلم ضروري؟» ، في أنني أعمل لخدمة الشركات المصنعة للمواد الكيماوية الزراعية أو للأدوية أو للمورثات أو لمنشآت الطاقة النووية . ولكن ليس لدي أي مصلحة ترتبط بأي واحدة من هذه ، بل إن همي الوحيد هو إبقاء الطبيعة والحضارة مزدهرتين .

حين أكتب عن العلم أتوهم أن لدي بيبغاء جائئة على كتفي تنادي بين حين وآخر بصوتها الأجهش : «لا يمكن أن يقال ذلك بصورة أسهل؟» . لذلك أمل أن تكون تحذيراتها الصاخبة قد ساعدتني على جعل هذه المقالات مفهومة من قبل كل قارئ .



الفصل الأول

هل العلم ضروري؟

التأثير الإنساني للعلم :

أحقا إن البحث العلمي هو أنبل مساعي العقل البشري ، ومن معينه ينبع نيار لا ينقطع أبدا من الاكتشافات الخيرة ، أم إنه مكنسة ساحرة تهددنا جميعا بالفناء ؟ وهل أفسد العلم جودة الحياة ؟

لكي تتحققوا من أن قضم آدم لتفاحة المعرفة كان فيه أعظم فائدة لحواء ، يكفي أن ترجعوا إلى زمن جدتكم . تذكروا مثلا كيف بدأ تولستوي روايته أنا كاريننا : « كان كل شيء في منزل أويلونسكي مقلوبا رأسا على عقب ، فقد اكتشفت الأميرة أن لزوجها الأمير علاقة غرامية بمرية أطفالهما الفرنسية » ، فما الذي دفع الأمير إلى ذراعي هذه المريبة ؟ إن الأميرة دولي لم تتجاوز بعد الثالثة والثلاثين ، ومع ذلك هي أم لخمسة أطفال على قيد الحياة ولطفلين متوفين . فكثرة الحمل أحالتها ذاوية باهتة ، وهذا ما جعل الأمير يفقد اهتمامه بها . كانت النساء في أوروبا القرن التاسع عشر ، وحتى من الطبقة الراقية ، يتلقين القليل من التعليم ، وكان دورهن يقتصر على إنجاب الأطفال والشؤون المنزلية . والكثير منهن كن يمتن بعد الولادة نتيجة لحمى النفاس ، وهي التهاب يمكن الوقاية منه بطرق صحية بسيطة ، مما جعله اليوم مرضا شبه منسي ، أما فتيات الطبقة العاملة اللواتي لم يكن قادرات على الزواج ، لعدم امتلاكهن البائنة الضرورية ، فلم يكن لهن من مخرج سوى الخدمة المنزلية ، وفي الصورة الساحرة التي رسمها الفنان جيرارد ديفيد عام ١٥٠٠ تقريبا ، والمعروضة في صالة إسكوتلندا الوطنية ، نشاهد القديس نيكولاس وهو يسقط كيس نقوده خلسة في غرفة نوم بنات صديقه المفلس ، لكي يصبح قادرا على شراء أزواج لهن ، ولولا أن العلم قد زود النساء بوسائل منع الحمل وبتقنيات التدبير المنزلي ، لما أمكن لتحرير النساء أن ينجح .

لم تكن الحضارات الأولى كلها قائمة على سيادة الرجل فحسب ، بل كانت قائمة على نظام الرق . وكان ذلك يصدق طبعا على اليونان وروما ، وقد ظل هذا النظام قائما حتى عصر النهضة الإيطالية ، ولكن الذين يدركون ذلك هم قلة ، ففي عام ١٣٩٥ كتب تاجريدعى فرانسيسكو داتيني من مدينته الصغيرة براتو ، إلى شريكه في جنوة «الرجاء أن تشتري لي جارية صغيرة ، عمرها بين الثامنة والعاشر ، على أن تكون من سلالة قوية» ، كما لو كان يشتري حصانا^(١) ، وكان الخدم حتى في القرن الثامن عشر ، أحرارا بالاسم فقط ، ففي أوروبا «زواج فيجارو» كان باستطاعة فيجارو وسوزانا أن يخدعا الكونت ألفيفا ، ولكن لم يكن باستطاعتها الهرب منه قط .

وقد جعل العلم المجتمع إنسانيا أكثر بطرق أخرى أيضا ، إنما بتدرج شديد ، فقد بلغ حرق المشعوذين ذروته في القرن السابع عشر ، أي في زمن جاليليو ونيوتن ، ولم يتوقف إلا في القرن الثامن عشر^(٢) . وفي القرن الثامن عشر وبداية التاسع عشر ، كان هناك في إنجلترا ما ينوف على متني نوع من الجرائم التي عقوبتها الموت . وقد رُوي مرة أن قاضيا حكم على زمرة من الصبية بالموت ، فكتب الشاهد : «لم أسمع في حياتي صبيانا يصرخون بهذه الطريقة» ، وكان من عادة الدكتور صمويل جونسون ، مؤلف المعاجم الذي اشتهر بأنه من كبار مثقفي القرن الثامن عشر في إنجلترا ، أن يصطحب أصدقائه في يوم الأحد ليسلوا أنفسهم بمراقبة المحانين المقيدين بالسلاسل في مستشفاهم . وكانت النكات عن المحانين شائعة حتى أيام شبابي .

إن ما دفعنا إلى تغيير موقفنا من الأتمين والمصابين بمرض عقلي هو تركيبة من العلم والتحررية الإنسانية ، فقد جعلتنا هذه التركيبة نتساءل : هل الشق رادع حقا؟ وهل في المجنون والعجوز المصابة بالخرف مس من الشيطان؟ وما الدافع إلى الجنون وإلى الجريمة؟ حقا إن البلدان التي يحق لها أن تفخر بسجونها ومشافي المجانين فيها قليلة ، إلا أن العلم غير موافقنا من سلوك الإنسان ، وأحل بالتدريج الروية والعقل محل القسوة والتحامل والخرافة . وقد نما هذا الاتجاه نموا بطيئا ، جعله بحاجة إلى أن ينصح به كل جيل جديد ، ومن دون ذلك تكون أجسام الناس وحدها هي التي تنطلق في الصواريخ ، أما عقولهم فترتد إلى العصور الوسطى .

لقد اعتاد الناس بسرعة على منجزات العلم التقنية ، في حين أنهم يجهلون قوانين هذا العلم .

وبحسب مارواه مارتن جاردنر^(٣) ، كان الرئيس رونالد ريغان يستشير المنجمين بانتظام قبل اتخاذ قراراته المهمة ، ويبدو أنه لم يسمع بما ذكره القديس أوغسطين قبل نحو ١٦٠٠ سنة ، في كتابه الخامس «مدينة الرب» :

«كيف يفسر لنا المنجمون أنهم لم يكونوا قط قادرين على تحديد أي سبب يجعل التوأمين يختلفان غالباً اختلافاً كبيراً في حياتهما وفي أفعالهما وفي الأحداث التي يتعرض لها كل منهما في مهنته وفنه ومناقبه ، وفي خصوصياتهما الأخرى ، وحتى في موتهما ، في حين أن هناك فيما يتصل بهذه الأمور التي ذكرناها ، أناساً غريباء عنهما تماماً ومع ذلك يشبهونهما أكثر مما يشبه أحدهما الآخر ، مع قصر الفترة الزمنية الفاصلة بين ولادتهما ، وأن الحمل قد تم في لحظة واحدة ويعملية جماع واحدة» .

وحتى عهد قريب كان العديد من زملائي في جامعة كمبرج يعتقدون أن الساحر جيلر Geller الذي اعتقدوا أنه قادر على ليّ الملاعق بنظره ، يمكنه أن يعطل قوانين الفيزياء .

وحين نأتي إلى وضع الإنسان العادي ، نجد أن هناك فرقاً كبيراً بين أسلوب كل من الكاهن والسياسي والعالم . فالكاهن يقنع أمثاله من البسطاء بأن يتحملوا عبأهم الثقيل ، والسياسي يحضهم على التمرد ضد هذا العبء ، أما العالم فيفكر بطريقة تخلصهم منه كلية . وهكذا أتى العلم بفكرة مملكة الحرية التي كتب عنها كارل ماركس : «إنها تبدأ حين ينتهي العمل المضني» . ففي بعض أنحاء العالم ، وبخاصة في إسكندنافيا والنمسا ونيوزلندا ، لم يعد هناك الآن أي تفاوت شديد بين الغني والفقير ، أو على الأقل أمكن الاقتراب من المثل الأعلى المسيحي للمساواة بين الناس ، ودحضت في هذه البلدان مقولة ماركس : «لا نستطيع تحقيق درجة أكبر من الحرية إلا باستبعاد أناس آخرين» .

فلم يعد ثمة وجود طبقة حاكمة عليها اضطهاد الطبقة التي تحكمها وقهرها ، ولم تعد السلطة السياسية تشكل «القوة المنظمة للطبقة التي تضطهد

أخرى». كما لم تعد هناك دكتاتورية بورجوازية ولا دكتاتورية بروليتارية ، لأن العلم والاشتراكية الديمقراطية رفعا مستوى معيشة الجماهير إلى مستوى كان من الصعب أن تحلم به البورجوازية في زمن ماركس .

كان الفقر في القرن الثامن عشر أكبر مشكلة اجتماعية مستعصية على الحل في أوروبا ، ففي ميونخ كان الفقراء يعيشون في الشوارع ، أو يتجمعون في أحياء مكتظة وقذرة بصورة رهيبة . وكان المرء يشاهد في كل مكان متسولين سقيمي الأجسام في أسعال بالية ، فيدفع لهم الناس ما تيسر بسرعة لكي يتخلصوا منهم ، وكانت ظروف معيشتهم تشبه ظروف العيشة في كلكتوتا بالهند اليوم ، مع الفارق بأن الفقير في كلكتوتا لا يتجمد من البرد^(٤) . لقد كان الوضع في لندن مختلفا إلى حد ما ، فقد اشتكى العالم الألماني ج . ليشتنبرج G.Lichtenberg من أنه لم يكن قادرا على التجوال من دون أن يضايقه طوال الوقت المؤسسات والنشالون ، وكان معظمهم من الأطفال^(٥) . وغالبا ما كانت مواسم الحصاد السيئ والشتاء القارس تقضي على عشر السكان في الأرياف ، لكن العلم والتقانة أزالا هذا البؤس عن جزء كبير من عالم اليوم .

إذن كيف نشأت أسطورة حياة الماضي البسيطة السعيدة الخالية من المتاعب ؟ فالشعراء قديما كانوا يحبون أن يتخيلوا فردوسا ريفيا ينعمون فيه بالمسرة والسكينة ورغد العيش . أما في القرن الثامن عشر ، فقد كان فقر الحياة في الريف وقذارتها معروفين للجميع ، ولم تكن لوحات بوشيه Boucher^(*) الريفية المبهجة ولا مزرعة ماري أنطوانيت تكفي لتضليل أولئك الذين كانوا يستمتعون بها . غير أن الأسطورة في القرن التاسع عشر ، بدأت تضفي لونا ، بفضل الحركة الفنية والمهارات اليدوية ، على حياة الآلاف من الذين كانوا يريدون الهرب من قباحة عالم التقانة ، إلى عيش ريفي بسيط سليم لم تفسده بعد الصناعة . إن ورثة زبائن ويليام موريس (**) ، أو أولئك

(*) فرنسوا بوشيه رسام فرنسي من القرن الثامن عشر كان يرسم مناظر ريفية أو أسطورية لها صفة تزيينية أنيقة ولطيفة .

(**) وليام موريس شاعر ورسام وكتاب عن الفن الإنجليزي من القرن الماضي ، كان له باع طويل في نهضة الفنون التزيينية . والإشارة إليه وإلى زبائنه هي إشارة إلى محبي الطبيعة البكر .

الذين كانوا يبحثون في ثمانينيات القرن الماضي عن السعادة القروية في أطراف مدينة لندن أو في حديقة بدفورد ، صاروا اليوم يبحثون عن فردوس أسطوري ، فيمجدون الطعام الصحي ، ويترددون على بائعي الأعشاب ، ويرتدون ثيابا ريفية ورومانسية مزركشة بالأزهار ، ويشتررون الأثاث المصنوع من خشب الصنوبر لبناء أكواخهم المشيدة في الضواحي ، ويتحولون إلى الزراعة التي تستخدم المواد العضوية فقط . ترى ، هل يدركون أنهم أدخلوا إلى حياتهم أسطورة يونانية قديمة؟ ألا يجوز أن تكون الرغبة في الهروب إلى تلك الأسطورة قد ولدت شعورا سائدا في هذه الأيام مضادا للعلم؟ لقد استغل بعض المهوسين هذا الشعور ، كما استفاد منه بعض الإعلاميين البارعين في تشويه الحقائق .

تحديات تواجه العلم :

ومع ذلك ، ألم نحن من العلم أفضل ما فيه؟ ألم تصبح زيادة النفقات باستمرار ضرورية لتحقيق تقدمات تزداد ضآلتها ، أو بمعنى آخر ألم يعترض سبيلنا قانون تناقص الغلة^(*)؟ أليس الإعلان عن إيقاف البحث العلمي وتسيير الأمور بما لدينا من معرفة ، هو الأفضل ، فنستفيد عندئذ من المال المتوافر في تخفيض الضرائب؟ لقد أجرت الصين هذه التجربة ، وأطلقت عليها تعبيرا ملطفا : « الثورة الثقافية » ، فكلف العلماء بأعمال مجهدة ، وأقفلت معاهد البحث ، أو شلّ عملها بال مناقشات الأزلية حول أهدافها السياسية . أما الباحثون المستقلون من العلماء ، فقد أمروا بالتخلي عن أحلامهم النرجسية ، وبأن ينشروا أعمالهم من دون ذكر أسمائهم ، وأن يعزوا نجاحهم لقيادة الرئيس ماو الحكيمة .

فماذا كانت النتيجة؟ هل أرجعت الثورة الثقافية الشعب الصيني إلى مثل روسو الأعلى الذي هو الآن مثل العديد من الشبان في الغرب ، أي إلى

(*) ينص هذا القانون على أن زيادة رأس المال على حد معين لا يترتب عليها زيادة مناسبة في الربح ، أي يوجد حد أعلى لرأس المال في كل مشروع يتناقص من بعده المردود عند زيادة رأس مال .

مجتمع مكون من الرجال والنساء النبلاء الذين أصبحوا في انسجام مع الطبيعة؟ بالعكس تماما ، فقد جرتهم إلى شفير انهيار اقتصادي ، لأن إبقاء الناس جميعا طاعمين كاسين ، وبصحة جيدة ، وحماية البلاد من الغزو الأجنبي ، هما مسألتان لا يمكن أن يحلا من دون العلم ، والسبب في ذلك لا يعود فحسب إلى مواجهة مشكلات جديدة تتطلب الحل باستمرار ، بل إلى أن المعرفة المتوافرة لا يمكن من دون العلم تطبيقها بوعي وذكاء ، ولا يمكن صياغتها وطرحها من دون تدريب علمي متقدم . فالعلم إذن وجد لكي يبقى ، كما لا يمكن أن نرغب في بقاءه بعيدا ، بل يجب الاستفادة منه إلى أقصى حد ، ومع ذلك ستصادفنا معضلة أساسية يجد العلماء والمجتمع صعوبة في مواجهتها .

غالبا ما يكون العلم بحاجة إلى ثمن ، لأن معظم خطوات التقدم التقني تخضع لمبدأ التكاملية الذي صاغه نيلز بور Bohr ، لكي يبين أن الأمواج والجسيمات هما جانبان مثنويان(*) للمادة .

كذلك يمكن أن ننظر إلى فوائد كل تقدم تقني ومخاطرة على أنهما جانبان مثنويان يجب أن يحكم المجتمع بينهما ، ولكن هذا الحكم قد يقدم لنا خيارات معيرة لا يمكن عندها للقيم الأخلاقية ولا للحقائق العلمية ، أن تهدينا بشأنها إلى قرار واضح .

فالمدينة مثلا تتطلب أن يكون لكل إنسان الحق في أن يتوقع أن يمتد به العمر لفترة معقولة من دون جوع أو مرض ، ولكن الوفاء ، حتى بجزء من هذا التوقع ، أدى إلى نمو سكاني (آسي) سريع يهدد بعدم تلبية المطلب نفسه الذي كان سببا لهذا النمو .

كما أن إحلال الآلات محل العبيد يتطلب طاقة ، ولكن زيادة معدل استهلاك الطاقة باستمرار يهدد بتقويض الحياة المدنية التي كان من المفروض أن يدعمها .

وكذلك ، لن يحيا المجتمع المتمدن إلا في ظروف سلام وطني وعالمي ، في حين أن العلم يضع تحت تصرفه من أجل تدميره وسائل يتزايد باستمرار

(*) dual (مثنويان)

إتقانها وكلفتها وفعاليتها ، ومع أن هذه التحديات الثلاثة مترابطة ، فإنني سأناقشها تباعا .

العلم وإنتاج الغذاء :

المحاصيل الزراعية :

لقد سبق لجوناثان سويفت أن كتب في روايته «رحلات جليفر» أن ملك برودنجانج Brodingang منح جليفر ملكة مقابل رأيه : بأنه لو استطاع إنسان ما أن يجعل كوزين من السذرة أو ورقتين من العشب ، تنبتان على رقعة من الأرض ، حيث لم يكن ينبت سوى واحدة ، لاستحق هذا الإنسان أن يكون أفضل الناس ، ولأدى لبلده خدمة أكثر أهمية من كل ما أداه السياسيون مجتمعين . ومع ذلك لم أر أن الأنصاب رفعت لذكرى الأمريكي نورمان بورلانج Borlang الذي طور نوعا من القمح يعطي غلة وفيرة ، أو للإنجليزي دوجلاس بيل الذي طور نوعا عالي الغلة من الشعير ، ولا يزال اسماهما مجهولين لدى عامة الناس ، وكل ما شاع هو معاييب هذه الأصناف العالية الغلة .

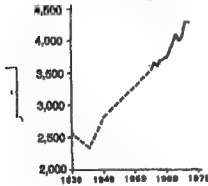
لقد أحدث العلم ثورة في الزراعة ، وضاعف بين عامي ١٩٥٦ و ١٩٧١ إنتاج العالم من الحبوب ، ولكن هل يستطيع أن يستمر في إطعام الناس المتزايدين في العالم من دون إضرار بيئي مستهجن ؟ لكي أجيب عن هذا السؤال دعوني أولاً أتحدث عن التقدم في أحد البلدان المصنعة ، وهو بريطانيا العظمى ، ثم عن أحد البلدان النامية وهي الهند .

ففي بريطانيا العظمى ، كان تزايد الإنتاج الزراعي المذهل قد أنجز بفضل الجمع بين علوم النبات والوراثة والكيمياء والهندسة ، وقد حض على ذلك ضمان ثبات الأسعار التي كانت أعلى من أسعار السوق العالمية (الشكل ١) . ففي الثلاثينيات لم تنتج بريطانيا سوى ثلث طعامها ، أما الآن فهي تنتج ٨٠ بالمئة من طعامها ، ولجمهور أوسع وطعامه أفضل ، وباستخدام عدد أقل من

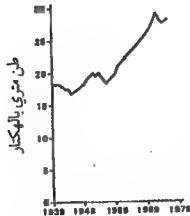
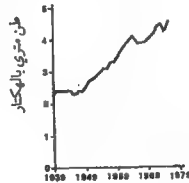
العمال الزراعيين ، وعلى أرض أصغر ، إضافة إلى أن بريطانيا تصدر الآن ما قيمته ثلاثة بلايين جنيه إسترليني تقريبا من المنتجات الزراعية . كما أن إدخال الجرارات حرر نحو ١٠ ملايين هكتار كان على العمال الزراعيين أن يزرعوا فيها طعاما لحيولهم . ولا يزال محصول بريطانيا من القمح يزداد بمعدل ٢ في المائة في العام . كما تضاعف الآن تقريبا عطاء البقرة اليومي من الحليب ، مع أنها ترعى في حقل أصغر من ذلك الذي كانت ترعى فيه جدتها عام ١٩٤٦ . ومع هذا يمكن للإنتاجية أن ترتفع كثيرا أيضا .

فحتى الآن لا يزال معدل المحاصيل لا يتجاوز نصف تلك التي يجنيها بعض المزارعين الجيدين ، مع أن معدلات هؤلاء هي أخفض من المعدلات التي يمكن الحصول عليها في الأعمال التجريبية^(١) . وهذه الإنجازات البريطانية هي نموذج معبر عما تنجزه الديمقراطيات الغربية الأخرى .

معدل إنتاج الحليب السنوي للبقرة
الحلوب في إنجلترا وويلز



محاصيل القمح في بريطانيا العظمى
معدلات خمس سنوات



١- تزايدت نموذجية في المحاصيل الزراعية البريطانية من ١٩٣٩ إلى ١٩٧٩ (المصدر - حقائق وأرقام عن الأغبان) من محطة تسويق الحليب ، ومن وزارة الزراعة والطعام والأسماء.

Seventh Report of the Royal Commission for Environmental Pollution, Agriculture, and the Environment, Cmd. No. 7644, 1980.

في السنوات العشر التي تلت نهاية الحرب العالمية الثانية بدا وكأن الهند ستفاجأ بكارثة مالتوسية^(*). ولكن حتى الآن لم يحدث ذلك . مع أن عدد سكان الهند ارتفع بين عامي ١٩٤٥ و ١٩٨١ من ٣٠٠ مليون إلى ٧٥٠ مليوناً . كما أن مقدار الحبوب الذي يمكن أن يأكله شخص واحد ارتفع أيضاً ارتفاعاً مطرداً . فالهند تنتج اليوم ما يكفي من الحبوب لإطعام سكانها كلهم ، بل ويمكن أيضاً أن تُخزن احتياطات لأيام الجفاف والفيضانات . وقد تمكنت الهند من إرسال الحبوب إلى كمبوديا لإغايتها من المجاعة التي حلت بها . ولكن إنتاج البروتين أصعب من ذلك ، لأنه ظل حتى الآن غير مماثل للزيادة في محاصيل الحبوب والخضراوات ، ولم يترافق ارتفاع محاصيل الحبوب مع هذا كله بإفقار التربة بل بتحسينها ، لأن تقدم المعرفة حول الإمداد بالتغذية المتكاملة أبطل مفعول قانون تناقص مردود التربة من الغلة^(٧) .

لماذا نجد إذن أن لدى ملايين الهنود نقصاً في التغذية ؟ ذلك لأنهم أفقر من أن يشتروا الطعام الذي ينتظروهم . والفقر طبعاً لا يمكن إنهاؤه إلا بخلق فرص عمل أكثر ربحاً ، إلا أن هذا المطلب يتعارض مع الحاجة إلى إنتاجية زراعية أضخم . وهذه أضخم مشكلة تواجه ، ليس الهند وحدها ، بل إيطاليا أيضاً ودولاً أخرى في العالم الثالث . فمعظم المزارع في الهند تقل مساحتها عن نصف هكتار . ولكن تجميعها في وحدات أكبر لجعلها أكثر إنتاجاً يؤدي إلى المزيد من عدد العمال الريفيين العاطلين المتدققين على المدينة . وهذا ما يجعل وزارة الزراعة تحاول رفع إنتاجية المزارعين الصغار عن طريق برنامج للإرشاد والدعم يشمل البلاء كلها ، كأن يزودهم مثلاً ببذور بطاطس خالية من الفيروسات وبذور أصناف ذات مردود مرتفع لمنتجات زراعية أخرى . وغالباً ما يتذرع بعضهم بأن الأصناف ذات المردود العالي هي قليلة الجدوى بالنسبة للبلدان النامية ، لأنها تحتاج إلى تربة مسمدة بصورة جيدة ، كما أنها معرضة للأوبئة المحلية . وفي واقع الأمر ، تعطي هذه الأصناف نسبة من النشا القابل للأكل إلى السليلوز غير القابل للأكل ، أفضل من غيرها ، حتى في أرض فقيرة التسميد ، كما يمكن التغلب على قابليتها للأوبئة المحلية بتهجينها مع السلالات المحلية المقاومة لهذه الأوبئة .

(*) نسبة إلى مالتوس Malthus (١٧٦٦-١٨٣٤) ، عالم الاقتصاد الإنجليزي الذي دعا إلى كبح التزايد المتعظم في عدد سكان العالم عن طريق تحديد النسل .

وماذا عن المستقبل؟ إن المناهج العلمية في الهند وجدت لترفع من إنتاج الطعام ما يكفي لإطعام سكان يتضاعفون في عشرين عاما، ولكن هل ستطبق هذه الطرائق؟ لقد كتب مهندس التخطيط الزراعي الحديث في الهند س. م. سواميناثان Swaminathan: «إن أكثر المهمات استعجالا لتحويل المصادر الزراعية إلى ثروة يفيد منها الشعب، هي تعميم التعاون الاجتماعي، مضافا إليه الجمع الضروري بين الإرادة السياسية والمهارة المهنية». فلقد بين سواميناثان أنه لا يمكن رفع إنتاجية الأرض بأي خطة ضخمة مفردة، وإنما ببقطة علمية متفهمة لآلاف التفاصيل المهمة. ولكن ارتفاع الإنتاجية الزراعية لا يمكن أن يجاري إلى ما لا نهاية النمو الآسي للسكان^(٨).

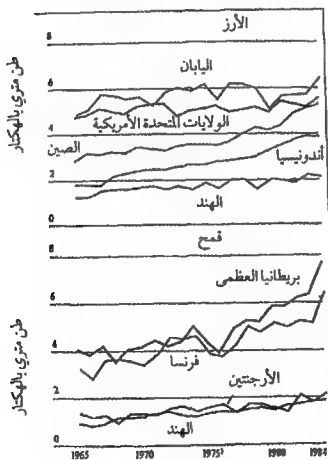
الأرز:

تعيش معظم شعوب شرقي آسيا بصورة أساسية على الأرز، ولقد زرع هناك في وقت مبكر يعود إلى سبعة آلاف عام. كما ظل يزرع كل عام ولقرون عديدة في الحقول نفسها، وقد دلت أبحاث حديثة على أن الذي وقى التربة من الإنهاك هو السراخس والطحالب والجراثيم التي تعيش في حقول الأرز، وهذه تثبت في التربة من الهواء ما يقرب من ٣٠ كيلوغراما من الأزوت في الهكتار الواحد، فيخلف نشاطها سمادا كافيا لكي تغل من ١ إلى ٢ طن متري بالهكتار. وقد رفعت أصناف الأرز الجديدة محاصيل اليابان وكوريا وأستراليا وأمريكا إلى ما يقرب من ستة أطنان بالهكتار. حتى أن مزارعا يابانيا مشهورا بمهارته، رفع المحصول إلى ١٢ طنا بالهكتار. وهذا المحصول الكبير يحتاج طبعا مقدارا فائقا من الأزوت الذي يجب الحصول عليه من الأسمدة الكيماوية (الشكل ٢).

كانت المشكلة في أصناف الأرز الوفيرة العطاء هي حساسيتها تجاه الحشرات والأمراض. ولمواجهة هذا التحدي طور المعهد الدولي لأبحاث الأرز في الفلبين صنفا يقاوم أربعة أويثة حشرية شائعة وخمسة أمراض خطيرة، وكان هذا الصنف قد زرع أصلا في عشرة ملايين هكتار، وهي تمتاز

بأنها تنمو في مناخات متعددة ، وفي تربة غير ملائمة أيضا . كما تنضج في ١١٠ أيام فحسب ، مما يمكن المزارعين من زراعة ثلاثة مواسم في السنة في الحقول المروية . ويرجع الفضل في وجود هذا الصنف إلى مجموعة المعهد البالغة ٧٠ ألف صنف من بذور الأرز من جميع أنحاء العالم ، مما أتاح تركيب العديد من الهجائن المختلفة .

لقد ارتفعت المحاصيل في الفلبين خلال السبعينيات والثمانينيات بنسبة ٥ في المئة في السنة ، وذلك بفضل أصناف المزروعات الجديدة والعناية العلمية بها وبالتربة . فبدلا من كميات الأرز الضخمة التي كانت تستوردها ، تصدر الفلبين اليوم ١٠٠ ألف طن كل سنة . كما حققت بلدان أخرى في شرق آسيا زيادات مماثلة وإنما فقط في أراض مروية بصورة اصطناعية . أما في الأراضي المروية بالأمطار فلم يبلغ المحصول طنين بالهكتار إلا بصعوبة ، وفي الأراضي المرتفعة بلغ بالكاد طنا واحدا في الهكتار . لذلك تهدف الأبحاث الحالية إلى تطوير أصناف تعطي محصولا ضخما حتى في هذه الظروف غير الملائمة .



٢-محاصيل الأرز والقمح من ١٩٦٥ إلى ١٩٨٤ مقدرة بالطن التري في بلدان مختلفة . لاحظ الارتفاع الحاد لمحصول القمح الحاد بصورة مذهلة في غربي أوروبا .
Source: Food and Agriculture Organization.

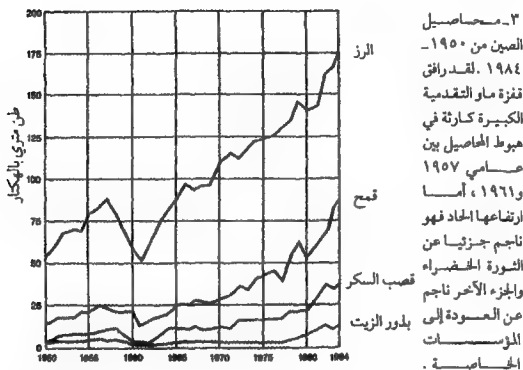
على أن البحث عن أصناف جديدة مقاومة للأمراض ذات غلال وفيرة ، لا يمكن أن يتوقف ، لأن الطفرات الوراثية تنتج باستمرار ، وفي سنوات قليلة ، أوبئة وأمراض جديدة تستطيع أن تتغلب على المقاومة التي تم تحقيقها بعد كد وجهد ، ففي هذه المعركة التي لا تنتهي بين الأوبئة والأصناف المطورة حديثا ، يجب أن تظل أبحاث الأرز متقدمة دائما خطوة إلى الأمام ^(٩) .

الصين ، من المجاعة إلى الوفرة :

لقد شهدت السنوات من ١٩٥٩ إلى ١٩٦١ كارثة مجاعة في الصين ، وكان من الممكن الاستفادة من أسبابها في تحذير رؤساء الدول الأخرى لولا أنه جرى التكتّم حولها حتى وقت قريب .

فمن المعروف اليوم أن هذه المجاعة كلفت ما لا يقل عن ١٦ مليون إنسان حياته ، بل ربما ٣٠ مليوناً . أما الأطفال الذين خلفتهم معاقين جسديا وعقلياً فلم يتناولهم العد قط . ولم يكن جذب التربة الناجم عن سنوات الجفاف إلا سبباً لجزء صغير فحسب من المجاعة ، أما السبب الأكبر فيرجع إلى جذب تفكيرهم «الماركسي» . لقد ألغت قفزة ماو التقدمية الكبيرة الأسواق الخاصة لمصلحة العمل الزراعي (الجماعي) ، وفرضت على إنتاج الغذاء وتخزينه والمتاجرة به واستهلاكه أن يسير كله وفقاً لخطة مركزية موحدة ، وكان على المقاطعات أن تكفي نفسها بالغذاء بحيث تقل المتاجرة به ما أمكن . ولما كان مطلوباً من كل مسؤول رسمي أن يرفع تقريراً بأن حصته من الخطة المركزية قد أنجزت ، فقد أظهر مجموع التقارير كلها أن محصول الحبوب قد تضاعف تقريباً من ١٩٥٧ إلى ١٩٥٨ (من ١٩٥ مليون طن إلى ٣٧٥) ، فقررت الحكومة على الفور تخفيض إنتاج الحبوب في عام ١٩٥٩ بنسبة خمسة في المئة لكي تستغل قطعاً من الأراضي في إنتاج بعض المواد الخام الصناعية . فأجمعت التقارير كلها من جديد على أن محصول الحبوب قد بلغ ٣٧٥ مليون طن ، أي بالضبط كما هو مخطط . وفي خريف ١٩٥٨ قام عضوان من المكتب السياسي فعلاً برحلة إلى مقاطعتين صينيتين واكتشفا أن المحصول

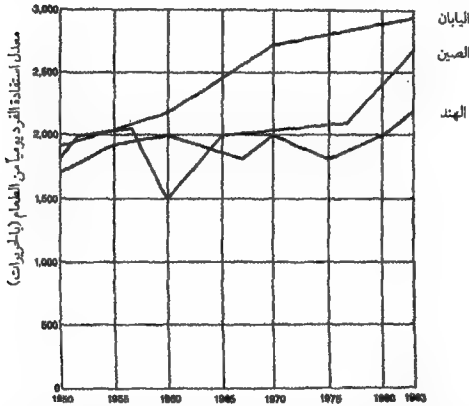
كان أخفض مما جاء في التقرير . ولكن هذا الاكتشاف كلفهما وظيفتهما . ولم تسلم السلطات بأن المحصول الحقيقي في عام ١٩٥٧ كان قد بلغ ١٧٠ مليون طن فقط ، وأنه انخفض إلى ١٤٣ مليون طن في عام ١٩٦٠ (الشكل ٣) إلا بعد موت ماو .



Source: Vaclav Smil, "China's Food," Scientific American 253 (December 1985): 104.

وفي الريف أشرف الناس على الهلاك لأن الطعام القليل الذي كان لديهم أخذ منهم لإطعام المدن . وبعد عام ١٩٦٠ بدأت الصين باستيراد الحبوب ، وأخذت تدفع للمزارعين أثمنا أفضل ، الأمر الذي أعطاهم حافزا لرفع محاصيلهم ، ولكن إنتاج الحبوب للشخص الواحد من مجموع السكان ظل حتى عام ١٩٧٨ ليس أكثر مما كان عليه عام ١٩٥٢ . وبعد موت ماو أدت توليفة من الزراعة العملية والإصلاح السياسي إلى إعادة تسوية الأمور بسرعة ، فارتفع محصول الحبوب سنويا بنسبة ٧ في المئة (فعلا هذه المرة ١) . كما ارتفعت الإنتاجية لكل عامل زراعي بنسبة ١٢ في المئة ، فأصبح الآن جمهور الصين الهائل أقدر على إطعام نفسه مما سبق (الشكل ٤) . ومع ذلك

ثمة مشكلة وهي أن الصين فقدت في السنوات الثلاثين الماضية عُشر أراضيها الزراعية بسبب أعمال البناء والتعرية والزحف الصحراوي ، ونتيجة لذلك تقلصت المساحة القابلة للزراعة لكل شخص من السكان ، حتى الآن ، إلى عُشر الهكتار ، وفقدت منطقة «سيكوان» ثلث غاباتها ومنطقة «يوتان» نصف غاباتها تقريبا . ولا يزال المخططون المركزيون في الصين حتى الآن يولون قليلا من الأهمية للمستقبل ^(١٠) .



٤ - معدل الغذاء المتاح للفرد مقدرا بالحريرات في ثلاثة بلدان آسيوية بين عامي ١٩٥٠ و ١٩٨٣ . إن الارتفاع الحاد في الصين والهند بعد عام ١٩٧٥ ناجم إلى حد بعيد عن الثورة الخضراء . أما ارتفاعه في اليابان فهو ناجم بالدرجة الأولى عن ارتفاع مستوى المعيشة . (المصدر السابق للشكل ٣ نفسه) .

ركود في أفريقيا :

لماذا لم يتكرر نجاح ثورة آسيا الخضراء في أفريقيا (الجدول ١) ، ولماذا يعاني الكثير من سكان هذه القارة من نقص التغذية والجماعة ؟ لقد لخصت منظمة التغذية والزراعة (فاو FAO) التابعة للأمم المتحدة هذه الأسباب بالآتي :

- سياسة الحكومات : وهي بوجه عام معادية للزراعة . فمثلا إذا أنتج المزارعون غذاء يزيد على ما يحتاجون إليه ، أجبرتهم حكومتهم على بيعه لها بأسعار تقل عن تكلفة إنتاجه . وفي حين أن حكومات أوروبا الغربية وأمريكا الشمالية تقدم مساعدات لمزارعيها ، تتخذ الحكومات الأفريقية من الزراعة مصدرا للضرائب ، الأمر الذي يعمل على تجريد المزارعين من أملاكهم .

- تزايد السكان بسرعة .

- تباطؤ الزراعة في أراض جديدة (مستصلحة) .

- التخلف التقني الذي يثبت مستوى الإنتاجية أو حتى يخفضه .

- ازدياد التصحر وإنهاك التربة وتزايد ملوحتها .

- التnmيات الاقتصادية العالمية تجعل من العسير أكثر فأكثر على الحكومات الأفريقية أن توازن ميزانيتها .

ثمة دول أفريقية عديدة توفر لها الزراعة أكثر من نصف إنتاجها ووظائفها ، ولكن ما تنفقه حكوماتها على الزراعة أقل من عشر دخلها ، كما لا يتلقى الفلاحون أي دعم لزيادة الغذاء لمصلحة الأسواق الوطنية ، هذا عدا أن أثمان محاصيلهم ينافسها رخص المواد المستوردة ، التي تسمح باستيرادها الحكومات العديدة غير المستقرة ، تلبية لطلبات سكان المدن من أجل مواد غذائية رخيصة . أما البحث والسماد ، إذا كانا متاحين ، فهما مخصصان لمحاصيل التصدير ، مما يؤدي إلى انعدام الدافع عند الفلاحين لإنتاج مزيد من الغذاء يفيض عما يحتاجون إليه لمعيشتهم . في عام ١٩٨٥ صدم العالم بمجاعة أثيوبيا ، ولكن ثمة بلدانا أفريقية عديدة على وشك أن تحل بها مجاعة أشد قسوة ، لأن سكانها يتزايدون بنسبة ٣ إلى ٤ في المائة سنويا ، في حين أن زراعتها تراوح مكانها ، كما أن إيراداتها من النقد الأجنبي لا تكفي لاستيراد غذاء كاف لشعبها ، ولو ظلت التنمية في هذه البلدان من دون مراقبة أو تدقيق ، لتجاوز العجز الزراعي ، وبخاصة في البلدان الواقعة جنوب الصحراء الكبرى ، كل ما يمكن تغطيته بموارد تجارية أو أجنبية . وتقدر منظمة الفاو FAO أنه لو ظلت الأسعار على حالها حتى عام ٢٠١٠ ، لكلف استيرادات أفريقيا في ذلك العام ٢,٢ بليون دولار . في حين أن الصادرات

الزراعية لهذه القارة تنتج على الأكثر ٤, ١ بليون دولار ، وسيصل العجز السنوي في الحبوب وحدها إلى ١٠٠ مليون طن متري ، يقابلها حاليا فائض سنوي عالمي قدره نحو ١٢ مليون طن (الشكل ٥) .

الجدول ١- تغيرات إنتاج القمح في بلدان آسيوية وأفريقية مختارة (١٩٧١ - ١٩٨٤)

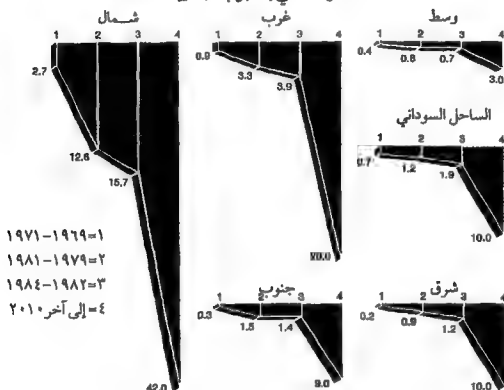
البلد	وسطي النسبة المئوية للتغير في السنة
إندونيسيا	٥, ٢
كوريا	٥, ٠
باكستان	٤, ٣
غامبيا	٠, ٣-
زامبيا	٢, ٢-
غانا	٢, ٤-

المصدر: African Agriculture: The Next Twenty - five Years (Rome: Food and Agriculture Organization, 1986)

كثيرا ما زُعم أن التربة الأفريقية أصبحت مجدبة جدا بالنسبة لكثير من المحاصيل ، ولكن منظمة الفاو أثبتت أن هذا الادعاء لا ينطبق إلا على عدد قليل من البلدان ، حيث التربة جافة جدا ولا يمكن ريها . أما في معظم البلدان ، فيمكن مضاعفة الإنتاج الزراعي بتطبيق التقنيات المتوافرة فيما لو وجدت الإرادة والدافع ، وتوافر قبل كل شيء البحث الضروري الملائم . ولقد أثبتت الفاو إمكان القيام بمثل هذه التحسينات عن طريق سلسلة من المشاريع الناجحة . ولكن وضعها موضع التطبيق يتطلب تغييرات جذرية في سياسة البلدان الاقتصادية ، كما لا يمكن إنجازها من دون مساعدة خارجية ليس للقيام بمشاريع هائلة ، كسد أسوان ، وإنما للقيام بمشاريع ري محلية وتحسين البذور والتربة ولوقف التصحر ، ولرعاية الأويشة مراقبة محكمة يقوم بها المزارعون المحليون ويدعمها بحث ميداني فوري . فالبلدان الأفريقية تحتاج إلى أصناف من القمح تكون مقاومة للحرارة والملوحة والجفاف ، وإلى أصناف من الأرز تنضج بسرعة في المناطق المرتفعة ، وإلى أرز مقاوم

للألومنيوم ، وإلى حبوب مقاومة الأوبئة المنتشرة في مناطق مختلفة ، وتلح منظمة الفاو على أن هذه المسائل لا يمكن حلها إلا عن طريق معاهدة محلية للبحث تكون مدعومة دعما جيدا ومزودة باختصاصيين أكفاء ، ولكن المتوافر من هذه المعاهد قليل ، لأن الدول الأفريقية كانت لا مبالية تجاه هذه الاحتياجات^(١١) .

العجز الصافي بالحبوب (بملايين الأطنان)



٥ - عجز أفريقيا بالحبوب من ١٩٦٩ - ١٩٧١ إلى عام ٢٠١٠ .

Source: African Agriculture: The Next Twenty-five Years (Rome: Food and Agriculture Organization, 1986).

العجز الصافي في الحبوب (بملايين الأطنان)

ومنذ خمسين عاما كان يعيش في إثيوبيا نحو ٩,٥ مليون نسمة فقط ، وكان نصف أراضيها مغطى بالغابات . وفي مطلع الثمانينيات كان عدد السكان قد ارتفع فيها إلى ٤٢ مليوناً ، ولم يسلم من غاباتها سوى الثلث ، وتعرّت التربة نتيجة لقطع الأشجار ، وأخذت البيئة بالتحول ، وازداد التصحر اتساعاً ، ثم أتت فترة جفاف طويلة زادت من حدة هذه الأضرار التي

أحدثها الإنسان ، وهذه كانت أسباب المجاعة العظيمة الحديثة العهد ، ومع ذلك يبدو أنه كان بالإمكان تجنبها . وفي بداية الثمانينيات قامت لجنة دولية مؤلفة بصورة مشتركة من قبل وكالتين من الأمم المتحدة والحكومة الأثيوبية بدراسة مفصلة لزراعة البلاد ، فأفادت هذه اللجنة بأن الإنتاج الزراعي كان ينخفض بنسبة ٥٪ في السنة حتى قبل فترة الجفاف الطويلة ، وأن الإنتاجية والموارد الريفية صارت أخفض من أن تمول تنمية الاقتصاد الزراعي والعام . فنصحت اللجنة باستخدام عمال زراعيين إضافيين لزيادة الأراضي المحروثة وزيادة إنتاجها بالاعتماد على زراعات مروية محلية صغيرة ، وتحسين الأدوات الزراعية ، وإنشاء صناعات محلية صغيرة بهدف معالجة المنتجات الزراعية وإنتاج بضائع استهلاكية ، ثم قدمت بعدئذ اقتراحا بالانضمام هذه المشاريع إلى تجمعات عليها أن تسلم جميع منتجاتها للدولة ، بل بأن تنظم في تعاونيات محلية تستثمر عائداتها لمصلحة عمالها .

فقد كتبت اللجنة :

« يجب أن تولى عناية كافية لتوجيه التعاون ليخدم مصلحة الفلاحين المادية ، ولكن يجب بوجه خاص تجنب أمرين خطيرين :

أولهما : أنه يجب عدم اللجوء إلى القوة لتشكيل التعاونيات ، لأن القوة لا تؤدي إلا إلى المقاومة ، ولن تقود إلى التجمع والتكتل .

وثانيهما : يجب ألا تستولي الدولة على الموارد التي حققتها التعاونيات في صورة ضرائب عالية أو بتسليم الحبوب إليها إلزاميا مقابل أسعار ثابتة منخفضة .

إن استثمارات أثيوبيا كانت لفترة طويلة ، منخفضة باستمرار في مجال البنية التحتية الريفية - كالطرق والطاقة الري والتخزين ومنشآت التصنيع - وفي مجال الصحة والتربية والتعليم وتدريب سكان الريف . لذا يجب تشجيع الاستثمارات لتوسع أنشطتها لتشمل الصحة والتغذية وتنظيم الأسرة والعناية بالأطفال .

وقد رفضت الحكومة الأثيوبية هذه التوصيات ، حتى أنها نجحت في منع وكالات الأمم المتحدة صاحبة الاقتراح ، من نشر تقرير اللجنة . (ولكن

لحسن الحظ أنها لم تحل بعد سنتين دون نشر ملخص عن التقرير في صحيفة إنجليزية هي الجارديان^(١٢) . والأسباب التي دفعت هذه الحكومة إلى رفض تلك التوصيات تكمن في معتقداتها الماركسية التي تقول «إن التصنيع هو المرحلة الأولى نحو النمو الاقتصادي ، وأنه يجب الحد من الرأسمالية بتنظيم الزراعة في تعاونيات تدار على غط المصانع» . ومن الناحية السياسية ، يصعب الاهتمام ببؤس أهل الريف مادام مؤيدو الحكومة في المدن راضين بحصولهم على طعام رخيص الثمن . إن مثل هذه المواقف التي تتخذها دكتاتوريات اليسار واليمين ، تعارض أيضا الإصلاحات التي تقترحها الفاو في بلدان أفريقية أخرى .

ولقد أثبت اقتصاديو البنك الدولي أن تزايد الإنتاج الزراعي هو المرحلة الأولى نحو التصنيع والنمو الاقتصادي ، خلافا لتعاليم ماركس . ويستشهدون على ذلك بخبرة سنوات عدة تثبت أن الازدهار الزراعي أساسي للتطور الوطني ، وأن فرض الضرائب على الزراعة لأمد طويل في سبيل فرض التصنيع ، يلحق الضرر بالاثنيين معا . فالأقطار ذات التطور الزراعي الواسع ، تتمتع أيضا بتطور صناعي عظيم ، مع استثناء تلك المصدرة للنפט والمعادن ، ففي إنجلترا واليابان ، أتى التطور الزراعي قبل التصنيع ، لأنه وفر رأس المال اللازم وزيادة في الطلب على السلع الاستهلاكية .

إنني أسف إذ أشير إلى أن منشورات الفاو تموه على أكثر المسائل الأفريقية خطورة ، مثال ذلك الانفجار السكاني الذي يهدد بمضاعفة عدد السكان في عدة أقطار خلال مدة تكاد لا تزيد على عشرين عاما (وفي كينيا ١٨ عاما) ، كما أنني لم أسمع قط عن أي إجراء اتخذ من قبل الأقطار الأفريقية نفسها لوقف هذا الانفجار ، وما لم يهلك القسم الأعظم من السكان بانتشار وباء الإيدز السريع (إذ يحمل عشر السكان في زائير هذا الفيروس) ، فسيؤدي هذا الوضع السيئ إلى مجاعات مدمرة .

وكثيرا ما كانت تحدث في أوروبا مجاعات في الأزمنة الغابرة . ثم في العهود المتأخرة صار يعلن سنويا تقريبا عن مجاعة في بقعة ما من العالم . ففي الهند مثلا ، مات أكثر من عشرة ملايين إنسان من الجوع خلال سبعينيات القرن الثامن عشر وستينيات القرن التاسع عشر . وفي الصين مات

عدد مماثل في سبعينيات القرن الماضي . وقد حدث في العالم منذ عام ١٩٤٠ ما يقرب من اثنتي عشرة مجاعة ، ولكن معظمها كان أقل انتشارا من تلك التي حدثت في القرون السابقة ، وقد حدث العديد منها بسبب الحروب . ثم صار باستطاعة أي بلد أن يستورد الحبوب بصورة طارئة عاجلة بفضل تطور تجارة الحبوب العالمية ، لأن هذه البلدان لديها وسائل أفضل لنقلها إلى المناطق الجائعة ، أما في الأزمنة السابقة فلم يكن للمساعدة الدولية وجود قياسا بالمستوى الحالي . ومع ذلك يقدر البنك الدولي أن عدد سيئي التغذية إجمالا يتراوح بين ٣٤٠ و ٧٣٠ مليوناً بعد استثناء الصين . ويأخذ البنك الدولي بوجهة النظر القائلة إن نقص التغذية بوجه عام غير ناتج من نقص الغذاء بقدر ما هو ناتج من الفقر ومن سوء توزيع الدخل ، وأفضل علاج له هو التنمية الاقتصادية .

البحث والمزارع الصغير :

إن أكثر من تسعين في المائة من زراعة العالم هي في أيدي مزارعين صغار يُزعم غالبا أنهم لم يستفيدوا من الثورة الخضراء . ولكن الأمل الوحيد لرفع المنتجات الزراعية ، لكي تسير جنباً إلى جنب مع النمو السكاني ، هو رفع إنتاجية المزارعين الصغار . وقد دلت التجربة على أن هذه الوسيلة أفضل طريقة للنمو . لذلك حاول المصرف الدولي ابتكار نظام يعهد بمشكلات المزارعين الصغار الفرديين إلى معهد البحث ، ثم يعيد النتائج إلى المزارعين أنفسهم . وقد نشأ هذا النظام عن الخبرة الزراعية على النمط الأوروبي . ولكن ثبت أن هذا النمط لا يمكن اتباعه في البلدان النامية ، إذ لم يساعد على تبادل المعلومات بين المزارعين في الريف ومعاهد البحث في المدينة . فالمعلومات لم تكن تسير إلا من المعاهد إلى المزارع ، أما مشكلات المزارع فلم تكن تعاد إلى المعاهد التي كانت تجعل المحاصيل مثالية وفي ظروف اصطناعية خاصة بها ، ولا تتجشم حتى عناء اكتشاف السبب في أن المزارعين الصغار فشلوا في محاكاة نجاح هذه المعاهد .

وفي عام ١٩٧٧ أعد البنك الدولي مشروعات للتدريب والزيارات . وقد جرب هذا المشروع لأول مرة في تركيا ، وبعدها أدخل إلى عدة مقاطعات في الهند . ويقوم المشروع على تعاون وثيق بين الأسر العاملة في الزراعة وعمال التوسيع الزراعي والعلماء والإداريين . ويهدف هذا المشروع إلى إتاحة الفرصة للمزارعين للحصول على استشارات واضحة وقابلة للتطبيق ، وذلك بمزج المعرفة التقليدية بالمعرفة العلمية . ويأتي في أسفل سلم العاملين في هذا المشروع (عامل توسيع القرية) (*) ، الذي يترتب عليه زيارة مزارعي اتصال منتقلين مرة على الأقل كل أسبوعين ، ليزودهم بثلاث أو أربع توجيهات تناسب عملهم خلال الأسبوعين التاليين . وعلى مزارعي الاتصال عندئذ نقل هذه التوجيهات إلى الآخرين ، بحيث تفصل التوجيهات التي يحملها عامل التوسيع الواحد إلى ما يتراوح بين ٥٠٠ و ١٢٠٠ أسرة عاملة في الزراعة . وفي كل فترة تمتد أسبوعين ، يقضي عامل التوسيع ثمانية أيام في مثل هذه الزيارات ، ويوما واحدا في دورة تعليمية بإشراف أحد المختصين ، فيدرس هذا الأخير المشكلات التي يواجهها المزارعون ويعرض الحلول التي يرتئونها لهذه المشكلات ، والتي يتعين على عمال التوسيع تعميمها خلال الأسبوعين التاليين على المزارعين .

وللمختص برنامج موزع بالتساوي ، فهو يقسم وقته بين دورات التعليم والبحث والعمل في الحقل . ومن المختص يعيدنا منحى التوجيه والقيادة إلى الإداريين ومعاهد البحث .

قد تبدو هذه المراتبية عسكرية في صرامتها ، ولكن يبدو أنها ضرورية لقيام تعاون فعال في هذا المجال . كما أن الاستشارات التي تقدم في هذا المضمار تهدف إلى إدخال طرق رخيصة تقوم على البحث العلمي الذي يقبل التطبيق على مزارع من أي حجم كان ، ويرفع - كما يؤمل منه - إيرادات هذه المزارع إلى أكثر مما تبلغه بالطرق التقليدية وحدها ، إذ إن الغرض من هذا كله إيجاد بذور محسنة ، وتحكم أفضل في الأويثة والأعشاب الضارة ، وحسن إدارة شؤون المياه ، على أن يكون كل شيء متكيفا مع النظام الزراعي المحلي . ففي

إحدى المقاطعات الهندية مثلا ، تدرت محاصيل القمح على الرغم من التسميد والسقاية الأمثلين ، وقد وجد أن سبب التدرن هو نقص التوتياء (الزنك) في التربة ، الأمر الذي أمكن معالجته بيسر ، وكانت هذه مشكلة سهلة ، ولكن يمكن لمشكلات أخرى أن تكون أصعب حلا بكثير فتحتاج إلى صبر وبحث مخلص من الدرجة الأولى .

ويبدو أن نواحي الضعف في هذه الخطة العالية التنظيم ترجع إلى الإنسان أكثر مما ترجع إلى الإخفاق العلمي . فالعلماء في معاهد الأبحاث يودون القيام بأبحاث أساسية يمكن نشر نتائجها ، الأمر الذي تعتمد عليه ترقياتهم العلمية ، ولكن ليس مثل هذه الأبحاث عموما أهداف عملية (مباشرة) . ثم إن العلماء يتلقون مرتبات أعلى ، وينتمون إلى طبقة اجتماعية أعلى من طبقة عمال توسيع القرى ، وهؤلاء بدورهم يتعالون على المزارعين ويقومون بإلقاء المحاضرات عليهم بدلا من الإصغاء إلى مشكلاتهم . ومشكلة التعالي الطبقي هذه يمكن في بعض الأحيان معالجتها بأن ينتخب المزارعون واحدا منهم ليكون عامل توسيع ، وبأن يسهموا أيضا في تسديد أجره .

ويبدو أن هذا المشروع المخصص للتدريب والزيارات هو الأكثر فعالية ، على الرغم من نواحي ضعفه ، إضافة إلى أنه وضع لرفع محاصيل صغار المزارعين وإيراداتهم . وكانت الحكومة الإندونيسية سريعة في إدراك ذلك ، فاستخدمت ١٥ ألف عامل توسيع قرية حتى عام ١٩٨٣ ، وبخاصة لتحسين محاصيل الأرز . وفي تايلند نصح المزارعون بزراعة المنيهوت (*) ، إضافة إلى الأرز ، فاكتشفوا فوراً أنهم كسبوا الكثير بعملهم هذا ، ولاسيما أن الحكومة زودتهم ببذور مجانية وسماذ . فقد ارتفع إنتاج المنيهوت السنوي من مليون طن إلى ١٢ مليون طن خلال سبعة أعوام . كما ساعد هذا النظام ما يقرب من ١٠٠ ألف مزارع في فولتا العليا (بور كينا فاسو حاليا) ، على تحسين محاصيلهم من القطن والغذاء مما يكفي لشراء بذور أفضل ومزيد من السماذ ، وهو مطبق أيضا بنجاح في الهند وبنغلادش وباكستان ونيبال وسريلانكا وجزر الفلبين وفي عدة دول أفريقية ، ولكن تبين أن الحكومات الأفريقية لم تسلم البذور إلا بعد مرور فصل البذار (١) .

(*) المنيهوت أو الكاسافا : CASSAVA نبات يستخرج من جلوره نشا مغذ .

الأسمدة :

لقد ازداد في السنوات الخمسين الماضية استعمال السماد الفوسفاتي في بريطانيا إلى ثلاثة أضعاف ، والبوتاسيوم إلى عشرة أضعاف ، والأزوتي إلى ثلاثين ضعفا ، ويرتفع استهلاك العالم من الفوسفات بمعدل ٦ في المئة سنويا . ولكن لا يخشى من نفاذه نظرا لوجود أقطار عدة تمتلك احتياطات هائلة من الصخور الفوسفاتية ، وأغناها تلك الموجودة في المغرب العربي^(١٥) . وتصنع الأسمدة الأزوتية من الهواء وغاز الميثان الذي يوفر الهيدروجين والطاقة اللازمة لتحويل الأزوت إلى أمونيا . كما أن احتياطات البوتاسيوم وافرة أيضا . إذن لا يخشى من أن تصبح الأسمدة نادرة مادامت لدينا طاقة كافية . وفي السبعينات استعملت الدول المتطورة ما يقرب من ٣ في المئة من استهلاكها من الطاقة الأحفورية في مجال الزراعة ، وما يقرب من ٧ ، ٠ في المئة للأسمدة الأزوتية التي تكلف صناعتها ١٠ مليارات دولار .

وأصبحت الطاقة المستهلكة لأغراض نقل الغذاء وتصنيعه وتوزيعه وتبريده ، أكبر بأربع مرات (١٢ في المئة) . أما في البلدان النامية فتحتاج الأسمدة الأزوتية إلى جزء أكبر بكثير من الطاقة الكلية المستهلكة عندها ، كما يوجد نقص كذلك في الطاقة اللازمة للطبخ .

ما الأخطار الناجمة عن الإنتاجية الزراعية المتزايدة ؟ كنت أعتقد عندما شرعت بكتابة هذا المقال أنها لم تكن تحققت إلا على حساب إلحاق الضرر بالبيئة لتلوثها بالكيماويات الزراعية . لذلك تفحصت الدليل العلمي ، ولاسيما ذلك الذي جمعته لجنة التلوث البيئي الملكية البريطانية . وكانت هذه اللجنة مؤلفة من خمسة علماء وطبيين ومهندسين وسبعة أعضاء غير متخصصين ، ومن بينهم عضو في النقابة التجارية . ولم يكن لدى أي منهم اهتمامات ثابتة بالزراعة أو بالكيماويات الزراعية^(١٦) . واليكم ما تعلمته من تقاريرها ومن مصادر أخرى .

إن البوتاسيوم والفوسفات غير مؤذيين للإنسان ، لكن الأخير مؤذ أحيانا للبيئة . إذ يعتقد أن الجداول المائية الفوسفاتية كانت قد قضت على الحياة في

البحيرات الكبرى لأنها تساعد على نمو طحالب حجبت الضوء وسببت تغييرات واسعة في نسبة الأكسجين المنحل في المياه . وهكذا لم يعد باستطاعة اللافقاريات - وهي في بداية السلسلة الغذائية - أن تعيش فيها . الأمر الذي أدى إلى فناء أشكال الحياة الأخرى .

كما يمكن لاستعمال الآزوت (النروجين) بكثافة أن يرفع تركيز النترات في مياه الشرب فوق حد الأمان البالغ ٥٠ مليغراما في اللتر ، وهو الحد الذي أوصت به منظمة الصحة العالمية التي حذرت من أن ارتفاع معدله يمكن أن يؤدي إلى تزايد ظهور أحد أمراض الدم المعروف باسم ميتهموغلوبينيميا الطفولي ، وكذلك تزايد إمكان ظهور سرطانات الجهاز الهضمي عند البالغين . والحقيقة أننا ظللنا نشرب ولسنوات عديدة مياهًا تحوي من ٥٠ إلى ١٠٠ مليغرام نترات في اللتر . كما أن نسبة النترات ارتفعت إلى ما يقرب من ١٠٠ مليغرام في اللتر في بعض المناطق في بريطانيا . ولكن لا يوجد حتى الآن دليل على ارتفاع حوادث الإصابة بأي سرطان في هذه المناطق . وقد يجادل بعضهم بأنه قد يلزم انقضاء عشرين سنة قبل أن يظهر ارتفاع في نسبة حدوث السرطان . ولكن نسب النترات ظلت ترتفع في الحقيقة في هذه المناطق لسنوات عديدة ، في حين أن تواتر حدوث سرطان المعدة قد تناقص ، لكن الأوضاع تخضع للمراقبة ، فإذا ارتفعت نسبة النترات أي ارتفاع ، عندئذ تنصح اللجنة الملكية بإزالة النترات من ماء الشرب بدلا من الحد من استعمال الأسمدة .

ولتجنب هذه الأخطار يطلب إلينا بعض أصدقاء الطبيعة استعمال السماد الحيواني بدلا من السماد الكيماوي (إذ يعتقدون أن مثل هذا الطعام العضوي سيكون أسلم صحيا) . ولكن لا يوجد دليل علمي على أن السماد العضوي أسلم من الأمونيا . ثم إن كمية السماد العضوي والنفايات العضوية الأخرى المتاحة في بريطانيا لا تكفي للحفاظ على مستوى الإنتاج الزراعي . لذا يحاول العلماء بدلا من ذلك أن يوسعوا صنف النباتات القادرة على تثبيت الآزوت في الهواء .

فبعض الخضار ، مثل حبوب الصويا ، لا تتطلب أسمدة آزوتية ، لأن عقد بذورها تحوي بكتريا تثبت الآزوت من الهواء ، ويصدق ذلك أيضا على بعض أصناف قصب السكر .

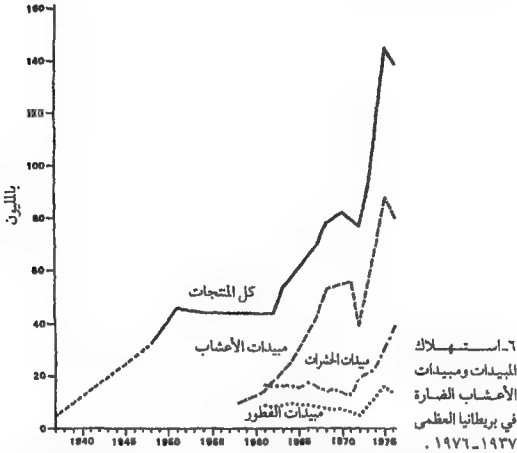
ففي البرازيل يزرع قصب السكر بكثرة هائلة لإنتاج الكحول الذي يستخدم وقودا هناك . فحتى عام ١٩٨٥ ارتفع إنتاج الكحول إلى ٢٠٠ مليون لتر ، ومنذئذ صممت جميع السيارات الجديدة تقريبا لكي تستعمل الكحول بدلا من البنزين بنسبة ٩٥ بالمئة . ولقد أدى الانتقاء (الاصطفاء) والتلقيح بيكتيريا مثبتة للأزوت إلى إنتاج قصب سكر يأخذ من الهواء نصف حاجته من الأزوت للنمو ، الأمر الذي عدل ميزان الطاقة لمصلحة الإنسان (أو بعبارة أخرى ، تم كسب حريرات على شكل سكر أكثر مما كان قد وُظف على شكل جهد وأسمدة)^(١٧) . وهذا نجاح مشهود ، بل ربما أمكن رفع جزء الأزوت ، المثبت بصورة طبيعية ، أكثر من ذلك أيضا . ففي الشرق الأقصى يحاول العلماء إدخال تحسينات على تكافل يرجع إلى قرون عديدة بين الأرز والسرخس أزولا Azolla والبيكتيريا أناباينا Anabaena ، التي تنمو على سطح حقول الأرز وعيدانه وتثبت الأزوت في الهواء ، وقد ظلت محطات إكثار المزروعات في بلدان عدة تحاول ، وعلى مدى سنوات ، استنبات قمح أو ذرة يبيضاء أو دخن^(١٨) يمكن لها أن تتكافل مع بيكتيريا مثبتة للأزوت . ولقد كانت نتائج هذه المحاولات حتى الآن واعدة .

المبيدات :

تصاب الغلال بفيرومات تحملها الحشرات ، وبالفطور والديدان . وعلى النباتات ذات الغلال أن تتنافس مع الأعشاب الضارة وأن تتجنب أذى الحشرات وأكلات النبات . وفي الزراعة الحديثة ، تبقى هذه الأوتة ملجمة بالكيماويات التي هي ، مثلها مثل الأسمدة ، حيوية بالنسبة للحفاظ على غلال وافرة . ولكن الاثنين معا يشغلان بال المزارعين بدرجة واحدة (الشكل ٦) .

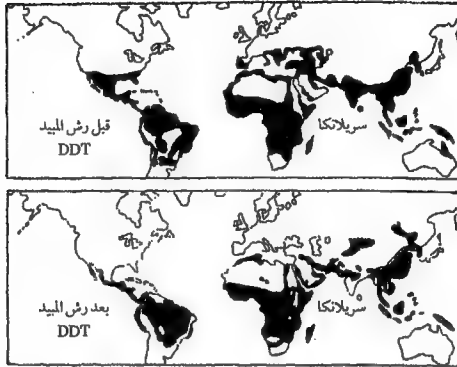
وقد اكتسبت مبيدات الحشرات سمعة سيئة لأن المبيد الحشري DDT المتجمع في بعض سلاسل الغذاء ، أدى إلى تناقص جماعات كثيرة من الطيور البرية وإلى قتل بعض الكائنات الأخرى ، كما صار المبيد DDT ملوثا مستديما لبيئتنا . ومع ذلك ، فإن المبيد DDT ليس أكثر سمية للإنسان من الأسبرين ، فهو لم يقتل الناس إلا عندما أكلوا منه خطأ بدلا من الطحين .

وهو لم يحجم الغللال من الإصابات الفيروسية فحسب ، بل محا الطاعون والتيفوس من معظم أرجاء المعمورة كما محا الملاريا من جزء كبير منها (الشكل ٧) .



Source: Seventh Report of the Royal Commission for Environmental Pollution, Agriculture and the Environment (Her Majesty's Stationery Office, Cmd. No. 7644, 1980).

وكانت الملاريا مرضا مستوطنا في أجزاء عديدة من إيطاليا ، وفي الحرب العالمية الثانية ازداد حدوثها ازديادا مدبرا بحيث سجلت ٤٠٠ ألف إصابة في السنة خلال الفترة ١٩٤٦-١٩٤٧ ، مع نسبة وفيات تجاوزت الـ ٤٠ من كل ١٠٠٠ شخص معرض للخطر . ولكن لم يبلغ عن أي إصابة بجرثومة الملاريا بين أهالي إيطاليا بعد حملة المبيد DDT منذ عام ١٩٥٢ . وفي عام ١٩٤٦ كانت توجد في سريلانكا ٢,٨ مليون إصابة . ولكن لم يبلغ بعد حملة رش المبيد DDT إلا عن ١٠٠ حالة في عام ١٩٦١ ، و ١٥٠ حالة في



٧- التخلص من الملاريا برش المبيد DDT .

Source: M. W. Service, "Control of Malaria," in Ecological Effects of Pesticides, eds. F. R. Perring and Kenneth Mellanby (New York: Academic Press, 1977).

١٩٦٤ . وفي هذه السنة الأخيرة توقف الرش ، فوجدت بعد أربع سنوات ٤٤٠٦٤٤ حالة ، ثم ارتفع هذا العدد إلى ١,٥ مليون حالة في عام ١٩٧٠ . وهذا الشيء نفسه تقريبا حدث بدرجة أكبر في الهند . فلو أن هذه البلدان وازبطت على الرش كما فعلت إيطاليا لأنقذت نفسها من الملاريا . ولكنها فقدت فرصتها كما اتضح ، فقد أصبح البعوض الحامل للملاريا بعد ذلك مقاوما للمبيد DDT وللعظم المبيدات الحشرية الأخرى .

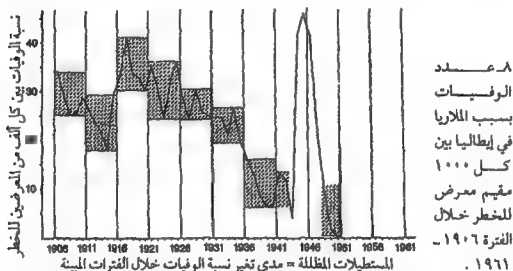
فعلى أنصار البيئة الذين يشجبون استخدام مبيدات الأوبئة أن يوازنوا بين هذه الأرقام وتناقص سماكة قشرة بيض الطيور البرية . بل نرجح أن المبيد DDT قد أنقذ حياة أناس أكثر مما فعلت المضادات الحيوية مجتمعة (الشكل ٨) (١٨) . وكان هناك خوف من أن يصبح المبيد DDT في المحيطات متركزا في العوالق النباتية التي تتوقف عليها سلسلة الغذاء . ولكن تركيزه في واقع الأمر لم يصل أبدا إلى واحد من ألف من مستوى الخطر ، ثم إنه هبط في السنوات الأخيرة (١٩) . ويظل المبيد DDT أرخص مبيد أوبئة يستخدم لمقاومة الملاريا .

ولكن لا ينصح به اليوم رسميا كمبيد حشري زراعي ، وكذلك الأمر بالنسبة إلى مركبات الكلور العضوية الأخرى ، ولم يعد يصنع في بريطانيا ، لأن استعماله كمبيد حشري زراعي أدى إلى تقلص عدد الطيور البرية ، وبخاصة الطيور المفترسة ، كصقر العصفائر الدورية والباز الجوال ، ولقد استردت أعداد هذه الطيور الآن مستواها الذي كانت عليه قبل استخدام المبيد DDT . أما المزارعون فقد نصحووا باستخدام مركبات الفوسفات العضوية والكاربامات التي لا تدخل في نظامنا الغذائي ولا تتراكم في السلسلة الغذائية ، لأنها تتفكك بسرعة . . . ولكن بعض هذه المواد شديد السمية مما يستدعي التعامل معها بحذر شديد . على أن التوصيات الرسمية ، حتى في بريطانيا ، ليس لها صفة القانون ، لذلك لا يزال بعض المزارعين يستخدمون مركبات الكلوريد العضوية المستوردة من دون أن يبالوا بالضرر الذي يسببونه للحياة البرية ، وذلك لأنها أرخص من المبيدات الحشرية الموصى بها^(٢٠) .

ولقد اكتسبت مبيدات الأعشاب سمعة سيئة منذ أن استخدمت القوات الأمريكية في فيتنام ، حمض ثلاثي الكلور الفينولي الحلقي ٢, ٤, ٥-trichlorophenoxyacetic بتركيز أعلى بكثير مما يستخدم في الزراعة ، وذلك لجعل أوراق الغابات تسقط في غير أوانها . وكانت هذه المواد المرشوشة تحوي غالبا الشائبة السامة من الديوكسين المشهور أيضا بسبب انطلاقه في مدينة سيفيزو الإيطالية^(٢١) .

أما الآن فإن معظم مبيدات الأعشاب المستعملة في الزراعة لا تتراكم ، لأن بكتيريا التربة تحطمها ، فهي لذلك لا تشكل خطرا بالنسبة للذين يأكلون المنتجات الزراعية . كما تبذل جهود بالغة كذلك لضمان أن هذه المبيدات ليست مؤذية للحيوانات . إلا أن مبيدات الأعشاب التي ثبت أنها غير مؤذية لحيوانات المخبر ، أثبتت وبصورة غير متوقعة ، أنها سامة بالنسبة لأنواع برية معينة . وقد تكون مبيدات الأعشاب خطرة على الذين يستعملونها إذا لم يستخدموها بكثير من الحيلة . إذ إنها قتلت الأطفال الذين شربوها والأشخاص الذين تعاملوا معها بطريقة غير صحيحة . ولقد ذكرت الإذاعة البريطانية أن رش مبيدات الأعشاب في بريطانيا ، كان قد أذى بعض الناس وخرب محاصيلهم ، كما ادعت هذه الإذاعة أن الكيماويات نفسها التي

تصنعها شركات مختلفة ، تحمل تعليمات سلامة مختلفة ، إذ قد تطلب إحداها ألبسة مراقبة لا تطلبها أخرى . ولقد أفاد صحفيان أمريكيان بأن بعض شركات الكيماويات تصدر لبلدان العالم الثالث كميات وافرة من المبيدات التي حظرت في الولايات المتحدة ، بسبب سميتها من دون تحذيرات يفهمها السكان المحليون . فمثل هذه الممارسات تسببت غالباً في العديد من حالات التسمم المميتة . كما أفاد بأن مواد غذائية معالجة بكيماويات سامة كانت تستوردها البلدان الغربية من دون أن يختبر مدى تلوثها . ولكني لم أكن قادراً على تدقيق هذه الاتهامات عن طريق مصادر مستقلة ، إلا أن بعضها ، وإن لم يكن كلها ، كان موثقاً توثيقاً حسناً^(٢٢) .



Source: Rapport redige par la delegation italienne participant a la reunion entre les pays du bassin occidental de la Mediterranee sur la coordination des mesures de prevention contre la reintroduction du paludism (Erice, Sicily, 1979).

ولقد تحرى أحد البريطانيين العاملين في البحث الطبي تغيرات نسب الوفيات في إحدى مقاطعات الفلبين ، خلال الفترة التي ازداد فيها إلى حد كبير استخدام المبيدات الحشرية ، فاكشف تزايداً كبيراً في نسب الوفيات بين عمال المزارع الذكور الذين كانوا يرشون المبيدات الحشرية ، من دون أن يرتدوا الثياب الواقية مما يحملونه على ظهورهم . في حين أن نسبة الوفيات بين النساء والأطفال من سكان الريف ، وبين العمال الذكور في المدن المجاورة ، هبطت خلال الفترة نفسها^(٢٣) . وفي سريلانكا تستقبل المستشفيات في كل عام ١٣ ألف شخص بسبب التسمم بالمبيدات ، ويموت ١٠٠٠ شخص من

جراء هذا التسمم ، ووفقا لتقارير من الصحف الإنجليزية ، قدر بعض المتحدثين في أحد اجتماعات الفاو أن ٤٠ ألف عامل زراعي في العالم الثالث يموتون في كل سنة نتيجة استخدام المبيدات الحشرية . في حين يقدر عدد الذين تضررت صحتهم بأضعاف هذا العدد ، إذ يتسم المزارعون لعدم قدرتهم على قراءة تعليمات الوقاية ، لعدم فهمهم لها ، أو لافتقارهم لوسائل التأكد منها ، أو لأن التعليمات نفسها غير كافية . كما أن التعارض هنا بين المنافع والمخاطر يبلغ نسبيا مأساوية . إذ إن السكان الذين تضخم عددهم تضخما هائلا في العالم الثالث ، لا يمكن أن يطعموا من دون زراعة مكثفة تتطلب بالضرورة سيطرة على الأوبئة . ولكن الناس فقراء جدا ولا يعرفون كيف يحمون أنفسهم عندما يرشون المبيدات الحشرية . كما أن فقرهم وجهلهم هما نتيجة لارتفاع عددهم بسرعة . وهذا الارتفاع بدوره هو نتيجة للطب الغربي والصحة العامة التي نرى في إدخالها أعظم مساهمة مفيدة قدمناها لبقية العالم .

وتحاول الفاو FAO الآن بالتعاون مع الاتحاد الدولي التجاري لصانعي الكيماويات الزراعية ، إيقاف ذلك التسمم بسن تشريع دولي للإشراف على توزيع المبيدات الحشرية واستخدامها . ويحدد هذا التشريع للحكومات والصناعة ، سلسلة من القواعد لكي تضع موضع التنفيذ قوانين وتنظيمات وضوابط . . . وذلك من أجل تسجيل كل منتج قبل أن يسمح ببيعه ، وهذا التشريع يناشد الصناعة بأن تتابع سير البضاعة حتى المستخدم الأخير ، لكي تستكشف إن كانت هناك حاجة إلى إجراء تبديلات في نمط التركيب أو في التغليف أو في التعريف بالبضاعة أو توزيعها . . . ، والاتبيع منتجات تتطلب البسة واقية غير مريحة في البلدان الاستوائية ، وأن توزع مواد تعليمية إلى مستعملي المبيدات ، وأن تدرب الأشخاص الذين يبيعون مبيدات الأوبئة بإعطائهم نصائح عن الاستخدام الآمن المجدي . وقد أصبحت شركة شل للكيماويات تقدم للأمين مثل هذه النصائح على شكل مصور . وإنه ليؤمل بأن يؤدي الالتزام بالتشريع إلى جعل المحافظة على محاصيل وافرة أمرا ممكنا من دون التضحية بصحة الناس .

وتطور الصناعة الكيماوية الآن أجيالا جديدة من المبيدات التي ينبغي أن تكون أقل سمية وتلوثا وأن تكون فعالة بتركيز أقل من المبيدات الحالية ، كما تسعى هذه الصناعة إلى تحسين طرق الاستعمال ، إذ طور العلماء مثلاً في محطة روثامبستيد التجريبية في إنجلترا ، المبيدات الحشرية التي دعت بيرثرويد pyrethroid ، وذلك لشبهها بالعامل المسبب الطبيعي بيرثروم pyrethrum المستخرج من اللؤلؤة الصغرى^(*) (زهرة الربيع) الأفريقية التي هي غير سامة للثدييات . وإلى جانب استعمال هذه المبيدات الآن ، على نطاق العالم كله ، يجري البحث عن منتجات نباتية أخرى مبيدة للحشرات ، وقد طورت شركة الصناعات الكيماوية الإمبراطورية^(**) في بريطانيا ، رشاشا كهربائيا يمكنه أن يسيطر بفعالية على الأوبئة بأقل من لتر واحد للهكتار بدلا من الكمية المولفة من ١٠٠٠ إلى ٢٠٠٠ لتر^(٢٤) . وقد أثبتت هذه الآلة نجاحها في بلدان أفريقية وآسيوية عديدة ، وخفضت تأثيرات الجانب المؤذي في أعمال السيطرة الكيماوية على الأوبئة . ومع ذلك لم يكن لاستعماله قدرة على منع غموظفات مقاومة للمبيدات .

فالمطلوب بوجه عام هو المحافظة على حد أدنى من استعمال المبيدات الحشرية ، لذلك لم ينصح في سويسرا باللجوء إلى السيطرة الكيماوية على أوبئة القمح ، إلا عندما تسبب هذه الأوبئة خسارة تزيد على ما يعادل خمسين دولارا من قيمة محصول هكتار من الأرض ، وهذا معيار منطقي أيضا ، لأن استخدام المبيد من غير هذا الشرط سيكلف أكثر من الخسارة المتوقعة .

أما في بريطانيا فقد أتى الخطر الأكبر على الحياة البرية من الدوافع المالية التي أغرت المزارعين باستخدام مزيد من الأراضي ، التي كانت تعيش عليها حيوانات برية ، لإنتاج الغذاء وبزراعة مروج كانت تنمو فيها أزهار برية وزوان للماشية . فقد قطعت الشجيرات والأشجار التي كانت تعيش فيها الطيور . وبعد جني المحصول كان يحرق الهشيم ومعه جميع المخلوقات التي كانت تعيش في الحقل . وعلى نطاق العالم ، فإن نهم الأعداد المتزايدة من البشر للأرض ، يهدد جميع الأنواع البرية .

(*) نبات يشبه الأحموان أو البابونج .

(**) Imperial Chemical Industries (I.C.I.)

ولا يكمن الخطر الحقيقي ، الذي يواجه الإنسان في تلوث البيئة بالمبيدات ، بل في اصطفاء وتكاثر الحشرات والفطور الطافرة المقاومة للمبيدات . ويحاول الباحثون التغلب على هذه المشكلة بتركيب مبيدات جديدة ، ولكن قد تكون هناك حدود ، ففي عام ١٩٥٦ أدى تركيب ١٨٠٠ مادة كيميائية إلى مبيد تجاري واحد . وفي عام ١٩٦٧ كانت النسبة ٥ آلاف إلى ١ ، وارتفعت هذه النسبة إلى ١٠ آلاف إلى ١ عام ١٩٧٦ . ثم إنه عند إيجاد تركيب واحد ، لابد من اختبار تأثيراته المضادة الممكنة اختبارا دقيقا على مدى عدة سنوات ، وتشمل هذه الاختبارات تأثيراته السمية والغذائية بالنسبة للحيوانات والطيور والأسماك والنحل والمتعضيات المجهرية في التربة وفي الماء . كما تتضمن تجارب في المزارع على نطاق واسع ، وتجارب في المحطات التجريبية الحكومية ، وبعدئذ تخضع البيانات المتجمعة لخطة الاحتياطات البريطانية الأمنية الخاصة بالمبيدات لكي يتم ترخيص المبيد وتسجيله .

فمن ذلك نخلص إلى أنه لإنتاج مركب قابل للتسويق في بريطانيا ، يحتاج الأمر الآن إلى إنفاق ٣٠ مليون دولار على مدى ست أو سبع سنوات ، ومثل هذه الاستثمارات الكبيرة لا يمكن أن تسترد أموالها إلا بإنتاج ضخم . لذلك فهي لا تشجع على تطوير تشكيلة من المبيدات الانتقائية التي يمكن استعمالها بتركيزات مخفضة ، للقضاء على مجموعة معينة من الحشرات الضارة وترك تلك التي تفرسها والحشرات المفيدة الأخرى حية . لذلك يهدد إلحاح الجماهير على السلامة المطلقة بإفشال هدفها نفسه الذي تسعى إليه .

ولكن ماذا هناك من بدائل ؟ إن الطرق البيولوجية للسيطرة على الأوبئة الحشرية ، كتوليد ذكور عقيمة من الحشرات ثم إطلاقها لتتزاوج مع الإناث ، يمكن أن يساعد حالا على تجنب بعض تلك الأوبئة . وهناك طريقة بيولوجية أخرى تقوم على نشر فيروسات تهاجم الحشرات الضارة . ولكن الطريقة الواعدة أكثر من غيرها هي طريقة (الفيروسات العضوية) baculoviruses ، فهي تصيب بعض يرقات الحشرات وتنمو في داخلها فتكون أجساما تظهر تحت المجهر على شكل (كثيرات وجوه) polyhedral تملا اليرقة وتقتلها . ولا تهاجم الفيروسات العضوية إلا يرقات حشرات خاصة ، ليس منها النحل أو الحشرات المفيدة الأخرى ، وهي أيضا لا تضر الحيوانات ولا البشر .

على أن الطرق البيولوجية تتطلب غالبا دراسات مفصلة في فروع معرفية متعددة عن سلوك الحشرات المستهدفة ، بالبحث في ظروفها الطبيعية وعن فزيولوجيتها وبيوكيميائها (كيميائها الحيوية) .

وقد درست إليزابيث برنيس ، الرائدة في بيثيات (إيكولوجية) الأوبئة الحشرية ، كيف تدمر الجنادب grasshoppers محصول المنهوت cassava في نيجيريا ، فوجدت أن النباتات تدافع عن نفسها بإنتاج حمض السيانيك ، فأثار دهشتها بأنه لم يقتل الجنادب ، وقد تبين أن الجنادب كرهت طعمه المر كثيرا لدرجة أنها ماتت جوعا بدلا من أكل نبات المنهوت السليم . وكانت الجنادب تفضل ، عندما تكون الحقول مروية إرواء جيدا ، أكل الأعشاب البرية التي كانت تنمو بين نباتات تذبيل . وهذه النباتات الذابلة لم تكن تنتج سوى القليل من حمض السيانيك ، فكانت تؤكل في الحال ، لذلك نصحت برنيس المزارعين بأن يبقوا حقولهم مروية بصورة جيدة لكي تثبت فيها الأعشاب البرية . ولكن المزارعين الفقراء لم يكن باستطاعتهم القيام بذلك . عندئذ اكتشفت برنيس أن الجنادب تضع بيوضها بكميات كبيرة تحت سطح التربة ، وحين أخرجتها من تحت التربة قتلتها الشمس جميعا ، وهذا ما يستطيع عمله حتى أفقر المزارعين^(٢٥) .

وللنباتات حربها الكيماوية الخاصة ضد الطفيليات ، فهي تستنبط عن طريق الطفرات الوراثية (الجينية) سموما جديدة ، فتتكيف الحشرات معها بطفراتها هي ، أي بالضبط مثلما تطور الصناعة الكيماوية مبيدات جديدة ، فتتطور لدى الحشرات مقاومة طافرة مضادة . ويستغل الذين يستولدون النباتات هذه القابلية لإنتاج سموم تقتل الحشرات ، وذلك لكي يتتقوا ويستنبتوا أصنافا من المحاصيل مقاومة للأوبئة .

ولقد لاقوا النجاح فعلا بالنسبة لبعض الأوبئة ، ولكن ليس لها كلها ، وثمة طريقة للحماية من غموط طفرات مقاومة للمبيدات ، وهي استخدام مبيدات بتركيز ضعيف يكفي للإبقاء على حياة نسبة ما من المتعضيات البرية ، ولما كان النوع البري بوجه عام أقدر على البقاء من مثيله الطافر المقاوم للمبيدات ، لذلك يتفوق في نموه على هذا الأخير في حال غياب مزيد من المبيدات ، وهكذا يصبح المبيد فعالا من جديد بعد فترة من الزمن باختزاله عدد المتعضيات المؤذية .

لو كان على المزارعين أن يتخلوا عن رش المبيدات كلها اليوم في بريطانيا ، لنقصت محاصيل الحبوب بنسبة ٢٤ في المئة في السنة الأولى بسبب الأوبئة الحشرية بالدرجة الأولى ، وبنسبة ٤٥ في المئة في السنة الثالثة بسبب الأعشاب البرية الضارة بشكل رئيسي^(٢٦) . ولكن هذه الخسارات يمكن تخفيضها فيما لو زرعت أصناف مقاومة للأوبئة وجرى تحسين إدارة المحاصيل .

فقد كان السبب في ندرة البطاطس في إيرلندا في نهاية القرن الماضي ومجاعة البنغال الكبيرة في الثلاثينيات هو مهاجمة الفطور للمحاصيل ، فلو تحولنا إلى الزراعة المعتمدة على العضويات من دون استخدام مبيدات الفطور ، لما تمكنا من تجنب تكرار هذه المآسي . إن غزو الفطور لبعض المحاصيل بعد جنيها يؤدي إلى أكثر السرطانات المعروفة إماتة ، وهو الأفلاتوكسين aflatoxine ، الذي يسبب سرطان الكبد في العديد من البلدان الاستوائية ، حيث لا يمكن تخزين الحبوب وهي جافة .

وفي نقاش عن المبيدات في ندوة عقدت في لندن حول محاصيل أفضل للغذاء قال الزراعي الهولندي ج . سي . زادوكس :

«إن المحاصيل الغذائية الرئيسية في العالم هي المزروعات السنوية ، وهذه المزروعات يسهل نسبيا تحسين مقاومتها جينيا ، سواء أكان ذلك ضد الفطور أم الحشرات أم الديدان الخيطية أم الفيروسات . إن المقاومة هي - ويجب أن تظل - الخط الأول للدفاع ضد جميع العوامل الضارة ، إلا أن المقاومة القائمة على مميزات للمورثات قابلة للانتقال ، لا تكفي دائما ، وذلك للحملة من الأسباب منها : أن الكائنات الضارة المعروفة ذاتها ، تظهر لها بانتظام سلالات جديدة تدمر فعالية المقاومة التي تم التوصل إليها بالجهد الجهد . كما تظهر بين حين وآخر عوامل ضارة جديدة ، وفي السابق كانت طرق استنبات الأصناف المحسنة هي أهم الطرق لحماية المحصول ، مع أنها كانت تتم من دون تلقيح اصطناعي ، على أن طرق الاستنبات في الزراعة المكثفة تؤدي في هذه الحالة إلى ما يعاكس الإنتاج ، لأن السقاية تؤدي إلى فيض في النمو ، والاستعمال المجزأ للتروجين بسبب بقاء الأوراق مدة أطول ، الأمر الذي يوفر للعوامل الضارة فردوسها المنشود . والحقيقة أن التحكم البيولوجي ، على

الرغم من أنه حقق نجاحات بارزة يمكن اعتبارها واعدة بالنسبة للمستقبل ، إلا أنه لم يتطور بعد تطورا كافيا يلبي طلب العالم من الغذاء . فحماية المحاصيل بالكيماويات وجدت إذن لتبقى» (٢٧) .

هناك اعتقاد بأن نصف الإنتاج الزراعي تقريبا (وفي بعض البلدان أكثر من ذلك بكثير) يفسد نتيجة للأوبئة ، وأكثره أثناء التخزين ، في حين أن ملايين الناس في العالم كله يشرفون على الموت جوعا^(٢٨) . فنحن بحاجة إلى سيطرة على الأوبئة تكون أكثر فعالية وعلى القيام بها في أكثر الأحوال بكميات أقل من المبيدات الانتقائية (أي التي لا تقتل سوى المؤذية) . ولقد تحققت أخيرا من أن ما تكون لدي في البدء من آراء عن أخطار التلوث بالكيماويات الزراعية ، كان عن طريق أشخاص كانوا يروجون لآثار هذه الكيماويات الضارة ويخفون في الوقت نفسه فوائدها ، فالمبيدات الكيماوية إذا ما صنعت وتم التعامل معها بعناية ، واستعملت بحصافة وحسن تدبير ، كانت قليلة الخطر على الإنسان أو الحيوان ، وهي التي ضاعفت المحاصيل التي تتوقف عليها حياتنا . ولكن الممارسات اللامبالية التي اتبعت في صناعة المبيدات الحشرية والعشبية - كتلك التي سببت المصائب في بوبال (في الهند) ، وسيفيزو (في إيطاليا) ، والتي أدت إلى إفراغ شاحنات من السموم في نهر الراين عند مدينة بال في سويسرا - وتصدير المبيدات الخطرة إلى بلدان لا يعرف الناس فيها كيف يتعاملون معها ، وكمية الطاقة الهائلة اللازمة للزراعة الحديثة ، وتطور مقاومة المبيدات - هذه كلها يجب أن تكون باعشا على الاهتمام والقلق . ففي الولايات المتحدة ، تستعمل ١٠ حريرات من الطاقة لإنتاج حريرة واحدة من الطعام وتوزيعها ، وهذه الطاقة في البلدان الغنية لا تشكل سوى جزء صغير من مجمل الطاقة المستهلكة ، أما في البلدان الفقيرة ، فإن أي عجز في الطاقة سيرفع كلفتها ، المرتفعة أصلا ، وسيزيد من افتقار هذه البلدان للغذاء .

التقانة البيولوجية والهندسة الوراثية في الزراعة :

هل ستؤدي الهندسة الوراثية إلى طرق أفضل للسيطرة على الأوبئة؟ في الوقت الراهن ، لا توجد سوى بدايات مشجعة ، ولكن الصناعة الكيماوية

تستثمر فيها حاليا مبالغ طائلة ، والعمل فيها يتوقف بالدرجة الأولى على اكتشافين أساسيين : استنساخ (تنسيل) cloning خلايا نباتية ، ونقل مورثات جديدة إلى نباتات بوساطة متعضية محدثة للورم ، تدعى أجروبيكتريوم (بكتيريا التدرن التاجي) *agrobacterium tumefaciens* (٢٩) .

وأول مرة تم فيها استنساخ خلية نباتية كانت عام ١٩٥٨ على يد البيولوجي الإنجليزي فريدريك ستوارد في جامعة كورنل . ثم بمعزل عنه ، البيولوجي الألماني جاكوب راينرد الذي اكتشف طريقة لتنمية شتلات جزر كاملة من استنبات خلايا منفردة لجزرة واحدة ، وسرعان ما أمكن تعرف إمكان تحسين النبات وراثيا بهذه الطريقة . مما أدى إلى إنشاء نسائل (كلونات clones) من خلايا غبار الطلع وإنماء نسائل جسدية (وقد سميت كذلك لأنها استمدت من خلايا النسائل في نباتات غذائية عديدة ، منها القمح والذرة والأرز وقصب السكر والبطاطس والتبغ والفراولة (الفريز) والأناناس ، وكذلك في نباتات الزينة كالأوركيديا والكريزانثيم والبتونيا ، ويمكن أن تصبح الخلايا عند استنباتها عرضة للطفرات التي يمكن أن تؤدي إلى ظهور مغايرات وراثية مفيدة ، فنمو نسيلة ما في ظرف انتقائي قاهر ، كان تنمو مثلاً في حضور ذيفان (توكسين) وباء فطري أو أعشاب قاتلة ، يمكن أن ينتج مغايرات مقاومة بسرعة أكبر من الطريقة التقليدية التي تصنع هجائن عن طريق التصلبات .

ولكن التصلبات لها أفضلية في أنها تجمع بين الخواص المطلوبة لصنفين مختلفين وراثيا . ففي عام ١٩٦٠ فتح البيولوجي الإنجليزي إي . سي . كوكنج الطريق إلى إحداث تصالبات في مزارع الخلايا . وقد استعمل لذلك إنزيمًا لكي يزيل بالهضم الجدران السيلولوزية عن خلايا رؤوس جذر نبتة طماطم (بندورة) . فترك الهضم بروتوبلاستات الخلايا عارية ، مما مكنها من الاندماج مع بروتوبلاستات مغايرات أخرى ، وهكذا أمكن إنبات هجائن مفيدة من هذه الخلايا المندمجة . ولقد استعملت في هاواي وفي فيجي نسائل (كلونات) جسدية لإنبات قصب سكر مقاوم لفيروس فيجي ، ولفطر محلي يدعى البياض الزغبي لقصب السكر (*sclerospora sacchari*) ، وأنتج في أستراليا مغاير من قصب السكر مقاوم لمرض التبقع العيني *hel-*

mithosporium sacchari . وقد صار من الممكن أيضا إنبات عدة مشات من النسائل الجسدية من رشيم قمحة مفردة ، وعزل عدة مغايرات خلال شهرين أو ثلاثة أشهر فقط ، أي في مدة أقل بكثير من الوقت اللازم لإنتاج عدة مغايرات من البذور .

ويمكن لإيلاج موروثات جديدة في رشيمات أي نبتة أو في خلايا منفردة ، وذلك باستخدام بكتيريا التدرن التاجي ^(*) *agrobacteria* . وقد استعملت هذه التقنية الوراثية (الجينية) لجعل نباتات التبغ سامة بالنسبة ليرقات الفراشة . وكان من المعروف أن العصيات البكتيرية *bacillus thuringiensis kurstaki* تصنع بروتينا ساما ليرقات الفراش ، ولكنه غير مؤذ للحيوانات والإنسان ، فاستنسل (استنسخ) المورث الخاص بهذا البروتين في البكتيريا القولونية ثم نقل إلى نباتات التبغ بواسطة بكتيريا التدرن التاجي ، فأصبحت هذه النباتات عندئذ منتجة للذيفان في أوراقها من جيل إلى آخر . وقد حصلت شركة مونسانتو Monsanto الكيماوية على إذن رسمي بزراعة هذا التبغ على سبيل التجربة في حقول مكشوفة ^(٣٠) .

وحاول فريق آخر (تلقيح) نباتات التبغ بلقاح مضاد لفيروس التبغ ، فاستنسلوا المورث الخاص بالمعطف البروتيني لهذا الفيروس ، ونقلوه إلى قطعة من دنا بكتيريا التدرن التاجي التي انتزعت منها المورثات المسببة للورم ، وبعدئذ أدخل المورث في نباتات التبغ . فصار بإمكان هذه النباتات المحورة وراثيا أن تصنع المعطف البروتيني للفيروس من دون الفيروس . وعندما حقنت الشجيرات الحاملة لمورث بروتين معطف الفيروس بكميات صغيرة من فيروس فسيفساء التبغ الحي ، لم تظهر عليها أعراض المرض إلا نادرا ، ثم عندما استعملت كميات أكبر من الفيروسات الحية ، استغرقت الشجيرات المحورة وراثيا مدة أطول من الشجيرات غير المحورة في إظهار الأعراض ^(٣١) . وكان الناس في الماضي قد حاولوا تمنيع ^(*) النباتات ضد الأمراض الفيروسية

(*) تتميز بكتيريا التدرن التاجي بأنها تستطيع إدخال جزء من دناها DNA في خلية نباتية . إذ تأخذ أولا جزءا من مورثات (جينات) هذه الخلية النباتية وتصلها بشدقة أو أكثر من دناها الخاص ثم تقوم هذه المورثات المنقولة مع شدتها بالاندماج من جديد مع صبغيات (كروموزومات) الخلية النباتية (انظر : مجلة العلوم - العدد ٣ ، ٤ - ١٩٩٣) .
(**) أي إكسابها مناعة .

بتلقيحها بمغايرات مختلفة من الفيروسات غير المؤذية . ولكن في هذه اللقاحات مجازفة في انتقال خطر الطفرات التي حولت الفيروسات غير المؤذية إلى فيروسات خبيثة ، في إنتاج فيروس يحمي نباتا معيناً ولكنه يسبب مرضاً لنبات آخر ، أما هذه الطرق الجديدة فتجنب هذه المخاطر ، لأنها تقوم على انتزاع المورثات التي تؤدي إلى نسخ الفيروس .

وثمة فريق آخر استولد (بالهندسة الوراثية) بتونيا مقاومة لقاتل الأعشاب المسمى غليفوسات glyphosate ، وهو مبيد عشبي فعال يستعمل كثيراً ، ولكنه يقتل أيضاً معظم النباتات المفيدة . ويعتمد تأثيره على صد إنزيم أساسي . وقد استنبط مهندسو الوراثة شكلاً جديداً من البتونيا يحوي عشرين نسخة من المورث المكوّد coding لهذا الإنزيم ، لذلك صار بإمكان هذه البتونيا الجديدة إنتاج كمية وافرة من الإنزيم تكفي لمقاومة مبيدات الأعشاب (٣٣) .

وهناك مشكلة أيضاً بالنسبة للحبوب ، وهي أنها لا تصاب ببكتيريا التدرن التاجي ، لذلك لا يمكن أن تطبق عليها الطريقة المألوفة لنقل الموروثات . فعمد فريق ألماني بدلاً من ذلك إلى حقن مورث جديد في (الشيلم) rye مباشرة . ولكي يتحسّنوا طريقتهم ، حقنوا عدة نسخ من قطعة دنا تحوي مورثاً لمقاومة المضاد الحيوي كاناميسين kanamycin في البراعم الجانبية لشجيرات الشيلم ، وبعد أن خصبوا بغبار الطلع المأخوذ من نباتات ملقحة بالدنا نفسه ، جنبت البذور وزرعت في أرض تحوي الكاناميسين ، فأنبثت سبع بذرات (من أصل ٣ آلاف بذرة مبرعمة) شجيرات ظلت خضراء ، واحتوت اثنتان منها على الإنزيم الذي يمنح مقاومة للكاناميسين . فمن الممكن لبذور هاتين النباتين أن تنقل هذه المقاومة إلى خلفهما . وقد أثبتت هذه التجربة أنه بالإمكان إدخال معلومات وراثية جديدة إلى الخلايا الجنسية للحبوب ، وأنه يمكن بعدئذ جني بذورها ، ثم من هذه البذور تستنبت نباتات عادية تظهر فيها خاصية المورث الجديد . إذن قد تسهّل هذه التقنيات إدخال مورثات مقاومة للفيروسات والفطور (٣٣) وتخفف من حاجتنا إلى المبيدات .

وخلاصة القول : إن إجراء تغيير جيني (مورثي) genetic في نائل جسدية ، واستيلاد نبات طافرة ، من جيل إلى آخر ، أدى حتى الآن إلى إنتاج

عدة أصناف جديدة يمكن أن تنتقل من جيل إلى آخر . فيمكن أن نتوقع لهذه الطرق أن تصبح بالتدرج مفيدة للمهتمين بتنمية نباتات محسنة . ومع ذلك لا يزال أعظم نجاح في تنمية نبات محسن حتى الآن هو الذي تم بطريقتي التصالب والانتقاء التقليديتين^(٣٤) . فعلى سبيل المثال أنجزت في فرنسا تصالبات بين قمح الخبز والعشبة البرية المسماة (*aegilops ventricosa*) ، فما كان من العلماء في معهد تطوير النبات في كمبردج بالإنجلترا ، إلا أن أنتجوا من هذا التصالب صنفا جديدا من القمح يقاوم مرض عين ذيل الطاووس (eyespot) الفطري الشائع^(٣٥) . وهم يطورون أيضا سلالات من القمح مقاومة للملح باستخدام تهجينات واسعة لكي ينقلوا إلى القمح مورثات من أعشاب تربطها به قرابة بعيدة . فجميع أصناف الحبوب الجديدة التي أسهمت حتى الآن في الشجيرة الخضراء كانت قد استولدت ، حسب معرفتي ، بطريقة تقليدية . ولكن ثمة مشكلة ، إذ تنقضي عادة اثنتا عشرة سنة إلى خمس عشرة سنة بين إتمام أول هجين جديد (في المختبرات) ومباشرة الفلاحين بزراعته . الأمر الذي يدعو العاملين في التقنية البيولوجية إلى تقصير هذه الفترة ، وهذا بوجه خاص لأن تجمعات الحشرات (أو الأعشاب) الطافرة المتكيفة مع الصنف النباتي الجديد المقاوم لها تظهر في أكثر الأحوال في أقل من أربع سنوات .

أما في مجال تربية الحيوانات فقد توقف تطبيق التقنية البيولوجية حتى الآن عند التأثير في البيضة والجنين اصطناعيا ، والإخصاب (أو التلقيح) الاصطناعي ، والمعالجة الصحية بوساطة اللقاحات والهرمونات المصنعة بطرق الهندسة البيولوجية ، من ذلك مثلا المعالجة من مرض الحمى القلاعية ، ويمكن أن تقاس إمكانيات المستقبل استنادا إلى التجارب الحالية على الفئران .

ولقد ابتكرت عالمة البيولوجيا الأميركية بياتريس مينتز طريقة بارعة لإيلاج مورثات جديدة في أجنة الفئران^(٣٦) ، فقد كاثرت خلايا بعض سرطانات الفئران في مزارع للخلايا ، ثم زرعتهما في فئران مكتملة النمو ، فأحدث ذلك ظهور أورام خبيثة لدى تلك الفئران . ثم حقنت مينتز خلية واحدة من هذه الخلايا في جنين فأر كان لا يزال يتكون من عدد قليل من الخلايا ، فمما هذا الجنين نموا طبيعيا من دون تورمات خبيثة ، والفأر الذي نشأ كان هجينا مكونا

من سلالة الخلايا الجنينية الأولية والخلية السرطانية التي حققت فيها . وقد وجدت أنه عندما تكون الخلايا الجنينية مولدة من زوج من الفئران البيضاء ، والخلية السرطانية آتية من فأر أسود ، كانت الفئران الصغيرة مخططة بالأبيض والأسود ، وكان أكثر من ٧٠ بالمائة من الصغار يحوي كلا النوعين من الخلايا في جميع الأنسجة . وعندما تزوجت هذه الفئران الهجينة على مدى جيلين مع فئران سليمة مستولدة من تزواج أقارب ، أدى العزل الوراثي (*) إلى خلف صريح النسب إلى الخلايا السرطانية .

إن مزارع الخلايا السرطانية هي مستنبتات مطواعة للهندسة الوراثية ، إذ يمكن للطرق الكيماوية والوراثية أن تؤكد فيها إن كان المورث المدخل حديثا قد أولسج بصورة صحيحة في الصبغي (الكروموسوم) المرغوب فيه أم لا . لذا أفسحت طريقة ميتز المجال لاستيلاد حيوانات ناشئة في نسيلة من الخلايا المحورة وراثيا .

وفي الولايات المتحدة طور ر. ل. برنستر ومعاونوه طريقة جديدة لنقل بعض المورثات إلى الفئران ، فقد حقنوا مزيجا علقث فيه قطع من الدنا في بيضات فأرات مخصصة ، وكانت القطع تحوي المورث المطلوب (إيلاجه) مقترنا بالمورث المكوِّد لإثزيم تنشطه أملاح الزنك ، فإذا أضيف الزنك بعدئذ إلى طعام الفئران الصغيرة ، ارتفع تركيز الهرمون المطلوب في هذه الفئران (التي حورت مورثاتها) إلى ثمانمئة ضعف ، مقارنة بتركيزه عند قريباتها الطبيعية (التي لم تحور مورثاتها) كما بلغ وزن بعضها ضعفي وزن قريباتها تقريبا ، وقد نقلت إحدى الفأرات مورثاتها المدخلة إليها إلى نصف خلفها فأنحدر من هذا الخلف مزيد من الأجيال الوارثة لهذه المورثات (٣٧) .

ومن المرجح أن تطبق طرق الهندسة الوراثية هذه في المستقبل على الحيوانات الزراعية ، ولكن هل ستستخدم أيضا في معالجة المورثات عند الإنسان ؟ هذا ما يبدو بالنسبة لي مستحيلا للسبب التالي :

لقد حقن برنستر وزملاؤه ما يقارب ٦٠٠ نسخة من المورثات الجديدة في كل بيضة من ١٧٠ ، ثم زرعت هذه البيوض في أرحام ١٧٠ فأرة . فلم ينم

(*) أي تركت تتزاوج فيما بينها بمعزل عن كل المجموعات .

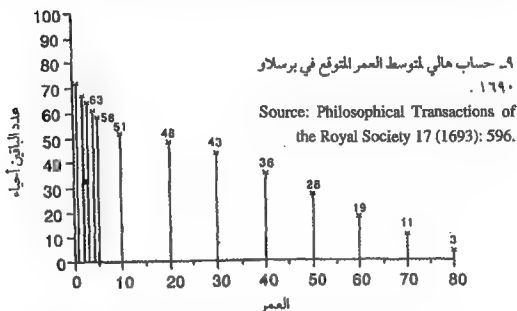
من الفأرات المستولدة سوى ٢١ . وست فقط من هذه كانت أضخم من قريباتها غير المعالجات ، وفي تجارب ميترز لم تعش من الأجنة سوى ٣٩٠ من أصل ١٢٥٨ زرعت فيها الخلايا السرطانية ، ثم ٧٨ من هذه الأجنة التي عاشت حياتها حتى اكتمالها مانت فتية من جائحة فيروسية ، ومن الـ ٣١٢ فأرة المتبقية التي عاشت بعد الجائحة ، ظهر على ٤١ فأرة فقط اللون الأسود المتحدر من الخلايا السرطانية ، فمحاولة تطبيق طرق كهذه على الإنسان ، لا ينمو فيها من البيوض المخصبة أكثر من جزء بصورة طبيعية ، ولا تعمل المعالجة الوراثية إلا في جزء من هذا الجزء . هي جريمة قطعاً .

العلم والصحة :

أسباب الموت

ينظر الناس في أغلب الأحيان بحنين إلى الأيام الماضية الطيبة الخالية من الصخب والضجيج والضباب والدخان ، ولكنهم ينسون خطراً أكبر من هذا بكثير وهو الموت المبكر الذي كان يثقل كاهل أسلافنا الأولين فيتردد ذكره في أشعارهم وفي تفكيرهم الديني . وفي عام ١٦٩٣ نشر الفلكي الإنجليزي إدموند هالي نتائج دراسته لمتوسط العمر المتوقع في مدينة برسلاو الألمانية ، التي دونت فيها تسجيلات جيدة للولادات والوفيات ، وذلك بقصد حساب قيمة الدخل السنوي . ومثل الشكل ٩ هذه النتائج بيانياً : حيث نلاحظ أن من بين كل ١٠٠ طفل مولود يعيش ٥١ فقط حتى سن العاشرة ، ويصل منهم ٤٣ حتى الثلاثين ، ولا يبلغ الخمسين إلا ٢٨ ، ويصل ١١ إلى سن السبعين^(٣٨) ، ولم يكن متوسط العمر المتوقع في إنجلترا أفضل بكثير في عام ١٨٦٧ عندما توفي نصف الأطفال الذين كانت أعمارهم دون الرابعة عشرة^(٣٩) ، وفي الجدول رقم ٢ أدرجت أسماء قلة من كثير من الفنانين والموسيقيين والكتاب الذين ماتوا بأمراض معدية في ربيع حياتهم . فمازاتشيوراند الرسم في عصر النهضة ، توفي بالطاعون في السابعة والعشرين من عمره ، وتوفي موتسارت في الخامسة والثلاثين بعدوى (خمج) لم يشخص ، بعد أن انتهى من مقطوعته

الناي السحري مباشرة (لا يوجد دليل على أن سالييري^(*) قد سممه أو أي شخص آخر) . ومات شويرت بالتيفويد في الحادية والثلاثين من عمره عندما وصلت موسيقاه إلى مستوى عمق بيتهوفن وكماله . وإنه ليعت على الأسى أن نفكر كم من الأعمال العظيمة ضاعت بسبب الأمراض التي يمكن الآن تجنبها أو شفاؤها . ومن الطبيعي أنه ليس جميع الرجال العظام قد ماتوا شبانا : فليوناردو دافنشي بلغ السابعة والستين ، وتيتيان بلغ^(**) السابعة والثمانين ، وجاليليه الثامنة والسبعين ، ونيوتن الرابعة والسبعين ، ولكن احتمال الموت في سن مبكرة كان أكبر بكثير مما هو عليه الآن .



ولقد تحسنت الصحة العامة في البلدان المتطورة تحسنا فاق أكثر التوقعات تفاؤلا منذ خمسين عاما . فمن كان يظن أن السل والجذري والعديد من الأمراض الخمجية الأخرى ستختفي عمليا (الشكل ١٠) ، وأن متوسط العمر المتوقع في أوروبا الغربية سيرتفع أيضا بحدود عشر سنوات أخرى . فهو في بريطانيا الآن سبعون سنة للرجال وست وسبعون للنساء . ولكن متوسط التوزيع هنا يتغير حسب الطبقة الاجتماعية . فمتوسط العمر المتوقع أقصر بعشر سنوات بين العمال غير المهرة عما هو عليه عند طبقة الإداريين والمحترفين^(٤٠) .

(*) موسيقي معاصر لموزار (١٨٢٥-١٧٥٠) أشيع أنه عمل على التخلص منه حسدا .

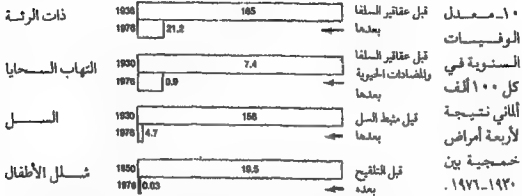
(**) Titian أحد أعظم رسامي عصر النهضة الإيطاليين .

الجدول ٢- زمن الماضي الطيب : سبب وفاة بعض العظماء والعظيمات ، وسنهم عند الوفاة

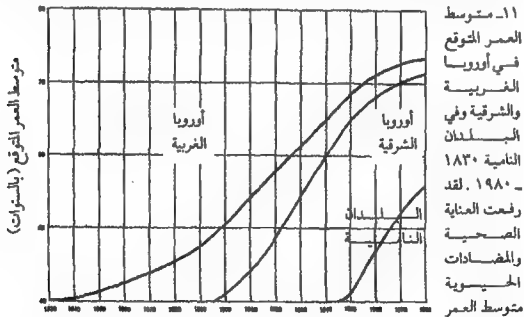
الاسم	الاختصاص	تاريخ الولادة	السن عند الوفاة	السبب
مازاتشيو	رسام	١٤٠١	٢٧	الطاعون
جيورجونه	رسام	١٤٧٧	٣٣	الطاعون
رفائيل	رسام	١٤٨٣	٣٧	حمى مفاجئة
ولفجانج أماديوس موتسارت	موسيقي	١٧٥٦	٣٥	حمى
جون كيتس	شاعر	١٧٩٥	٣٦	سل
هنريش هاينه	شاعر	١٧٩٧	٥٩	سل
فرانز شوبرت	موسيقي	١٧٩٧	٣١	حمى تيفية
فريدريك شوبان	موسيقي	١٨١٠	٣٩	سل
روبرت شومان	موسيقي	١٨١٠	٣٩	سفلس
إميليا برونتي	كاتبة	١٨١٨	٢٢	سل
آن برونتي	كاتبة	١٨٢٠	٢٩	سل
شارل بودلر	شاعر	١٨٢١	٤٦	سفلس
فريدريك نتشه	فيلسوف وشاعر	١٨٤٤	٥٦	سفلس
بول جوجان	رسام	١٨٤٨	٥٥	سفلس
جورج سوارت	رسام	١٨٥٩	٣١	التهاب الحنجرة
هوجو ولف	موسيقي	١٨٦٠	٤٣	سفلس
د . هـ . لورنس	كاتب	١٨٨٥	٤٥	سل
جورج أودول	كاتب	١٩٠٣	٤٧	سل

وفي الولايات المتحدة ارتفع متوسط العمر المتوقع خلال هذا القرن ارتفاعاً ثابتاً ، وهو يواصل ارتفاعه بما يقرب من ثلاث سنوات في كل عقد . بل إن متوسط العمر المتوقع لا يزال يرتفع ، على الرغم من انتشار الفقر الواسع ،

ارتفاعا حادا في جميع العالم ، ما عدا الدول الشيوعية السابقة (في شرق أوروبا وفي الاتحاد السوفيتي) . ومتوسط العمر الآن في الهند أعلى مما كان عليه في أي بلد أوروبي طوال سنوات القرن التاسع عشر . (الشكل ١١) (١١) . ولكن أعظم ارتفاع مذهل كان في اليابان . فقد رافقته هناك زيادة



Source: Arzenimittel - forschung in Deutschland (Pharma, Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie, Karlstrasse 21, 6000 Frankfurt, 1979 - 1980)

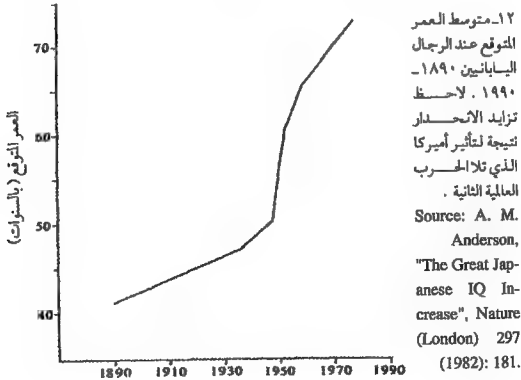


المتوقع في البلدان النامية خلال خمس عشرة سنة بقدر ما ارتفع في أوروبا خلال خمس وثلاثين سنة ، نتيجة لمزيج من العناية الصحية وتحسن التغذية والطب على الطريقة القديمة . ومع ذلك لا يزال متوسط العمر المتوقع في البلدان النامية متخلفا عن مثيله في أوروبا مدة خمس عشرة إلى عشرين سنة . والسبب الرئيسي في ذلك هو أن نسبة وفيات الأطفال أعلى .

Source: D. R. Gwadin and S. K. Brandel, "Life Expectancy and Population Growth in the Third World," Scientific American 246 (May 1982): 33.

في متوسط طول الشاب الياباني الذي يساوي الآن مثيله عند الأوروبيين ، وكذلك في متوسط حاصل الذكاء IQ (عند تلاميذ المدارس في اليابان) الذي يفترض فيه الآن أن يكون قد زاد على مثيله عند أقرانهم من الأوروبيين والأمريكيين (IQ هو سن الطالب العقلية مقسوما على سنه الزمنية مضروبا في مئة) (الشكل ١٢) ^(٤٣) . فهذه الإحصاءات هي أهم الشواهد إقناعا على فوائد نظام الغذاء والصحة العامة في الغرب .

وغالبا ما قيل إن متوسط العمر المتوقع في أوروبا كان قد ارتفع ، وأن معدل الوفيات من الأمراض الخمجية قد انخفض ، قبل مجيء المضادات الحيوية بزمان طويل ، وأنه لذلك لا علاقة لهذا التحسين بالبحث العلمي ، غير أن مرض السل مثال يثبت أن هذا غير صحيح إلا إلى قدر . إذ هبطت نسبة الوفيات من جراء السل منذ بداية هذا القرن بفضل العناية الصحية وتحسين مستويات المعيشة ، ثم أصبح هذا الهبوط منذ استخدام المضادات الحيوية أكثر حدة بكثير ، وأصبحت نسبة الوفيات اليوم من السل في البلدان المتطورة تقترب من الصفر (الشكل ١٣) . ويرجع الفضل الأكبر في هذا التحسن إلى أبحاث باستور وكوخ وسيميلفايس وآخرين حول المنشأ الجرثومي لأمراض عديدة .

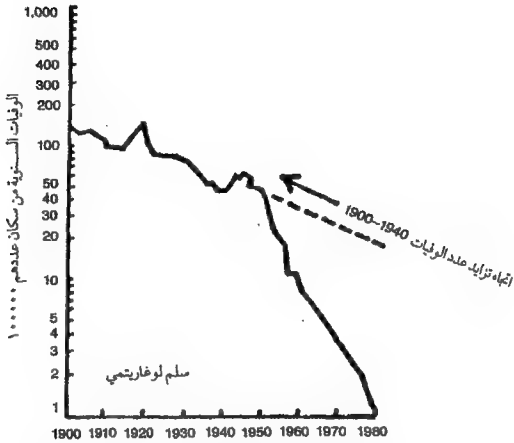


ترى أما زال أمام الطب متسع للتقدم؟ إن نصف الوفيات اليوم في الولايات المتحدة ناجم عن أمراض شريانية ، وثلاثها ناجم عن السرطان . ولكن هذه الأرقام مضللة لأنها لا تعلمنا بأي عمر يموت الناس من هذه الأمراض . وقد حصل جون كيرنز على معيار لقياس فداحة الموت المبكر (أو بكونية الموت) ، بأن حسب الخسارة الكلية الناجمة عن فقدان فترة من حياة العمل المنتجة نتيجة لأسباب مختلفة بالنسبة للذين أعمارهم بين العشرين والخامسة والستين (الجدول ٣) . وعند تحليل الأسباب الشخصية للوفاة بهذه الطريقة ، تأتي أمراض الأطفال في رأس القائمة ، ويليهما السرطان ، ثم مرض القلب ، ثم حوادث السيارات . ولم تعد الأمراض المعدية ، بفضل المضادات الحيوية ، مسؤولة إلا عن ٢ في المئة على الأكثر من الوفيات المبكرة ، أي أقل من الوفيات الناتجة من جرائم القتل . وتسبب حوادث الانتحار في أمريكا ٣ في المئة من خسارة سنوات حياة العمل ، وتسبب في بريطانيا واحدا في المئة من جميع الوفيات ، و ١٢ في المئة من حوادث الوفاة بين سن الخامسة والعشرين وسن التاسعة والعشرين .

وتشكل هذه الخسارة المأساوية لحياة الشبان تحديا كبيرا للأطباء النفسانيين والعاملين في الحقل الاجتماعي^(٢٣) . وعلى الرغم من أن معدل حوادث السيارات في الولايات المتحدة ، من أجل القيادة للكيلومتر الواحد في حركة السير ، هي أخفض من مثيلاتها في دول أخرى عديدة ، فإن هذه الحوادث تسبب ١١ في المئة من جميع الوفيات المبكرة مقارنة بـ ١٣ في المئة يسببها السرطان . وفي بريطانيا والدول الإسكندنافية أخفض معدل لحوادث السيارات في القيادة للكيلومتر الواحد . أما بولونيا وإسبانيا فعندها أعلى معدل حوادث - سبعة أمثاله في بريطانيا !

إن أكثر أشكال السرطان الخطرة انتشارا ، يمكن تجنبه فيسما لو وجدت الإرادة الشعبية لعمل ذلك . والسرطان الذي يأتي بالدرجة الأولى هو سرطان الرئة الذي يسببه ، دائما تقريبا ، تدخين التبغ . فتبعاً لما قاله كيرنز :

«إن سرطان الرئة هو المثال الأكثر إثارة فيما يتعلق بتحديد سبب السرطان بدراسة الطريقة التي يتغير فيها حدوثه مع الزمن (الشكل ١٤) . لقد تم ذلك بالفعل عن طريق استعادة الماضي ، فكان الأمر كما لو أن المجتمعات الغربية قد



١٣- نسبة الوفيات الناجمة عن السل في إنجلترا وويلز (بلاد الغال) بين ١٩٠٠ و ١٩٨٠ .

Source: British Department of Health and Social Security.

شرعت في إجراء تجربة واسعة ، أحسنت رقابتها إلى حد ما ، حول السرطانات المسببة لما يقرب من عدة ملايين من الوفيات واستخدمت شعوبها نفسها كحيوانات للتجارب^(٤٤) .

إن سرطان الرئة ليس المرض الوحيد المرتبط بالتدخين . فالوفيات في بريطانيا بسبب التهاب القصبات وذات الرئة مألوفة كتلك الناجمة عن السرطان . ونسبة كبيرة من الوفيات الناجمة عن هذه الأمراض وتلك الناجمة عن أمراض الأوعية القلبية ، تعزى أيضا للتدخين . كما أن الوفيات الناشئة عن تليف الكبد المرتبط بالإدمان على الكحول هي أيضا في ارتفاع ، ولا سيما في إسكوتلندا^(٤٥) .

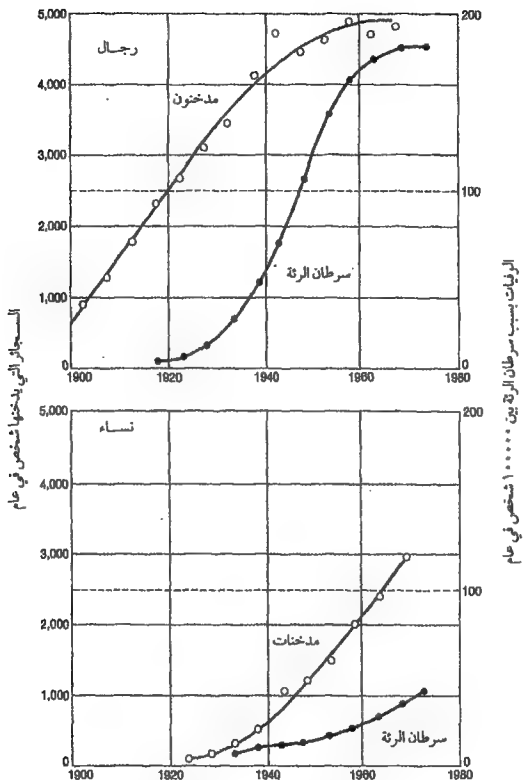
وتصرف وزارة الصحة في بريطانيا ١,٥ مليون جنيه إسترليني سنويا على حملتها لمكافحة التدخين ، في حين أن شركات التبغ تصرف ٨٠ مليون جنيه

الجدول ٣- خسارة الولايات المتحدة من سنوات العمل
نتيجة لأسباب مختلفة عام ١٩٦٨ .

الأسباب	سنوات العمل الضائعة(*)	النسبة المئوية من المجموع
الحوادث والعنف :		
حوادث السيارات	١٥٣٣١٠٢	١١
الحوادث الأخرى	١٢٦٢٤١٥	٩
جرائم القتل	٣٩٧٦٦٨	٣
الانتحار	٣٨٩٧٣٣	٣
المجموع الجزئي :	٣٥٨٢٩١	٢٦
الأمراض الوعائية :		
مرض القلب	١٦١٠١٤٢	١٢
الأمراض الوعائية الدماغية	٤٣١٩٧٣	٣
الأمراض الأخرى	٥٧٨٨٠١	٤
المجموع الجزئي :	٢٦٢٠٩١٦	١٩
وفيات الأطفال	١٩٧٠٤٨٩	١٤
السرطان	١٧٤٤١٨٠	١٣
الأمراض التنفسية	٩٦٨٠٦٤	٧
الأمراض الخلقية	٦٧٤٤٦٥	٥
الأمراض الخمجية	٢٩١١٨٥	٢
المجموع	١١٨٥٢٢٢٦	٨٦
جميع الأسباب :	١٣٦٨٧٧١٦	١٠٠

المصدر : John Cairns, Cancer, Science, and Society (San Francisco: W. H. Freeman, 1978).

* تعتبر حياة العمل ممتدة على ٤٥ عاما من سن العشرين إلى سن الخامسة والستين . كل وفاة قبل العشرين تحدث خسارة ٤٥ سنة في سنوات العمل . والوفيات التي تحدث بين سن العشرين ومن الخامسة والستين تحدث خسارة أقل نسبيا . أما الوفيات بعد الخامسة والستين فلا خسارة فيها .



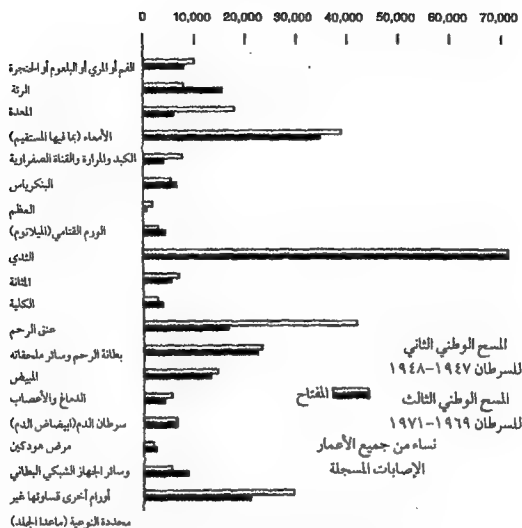
١٤- معدل الوفيات من سرطان الرئة مقارنة بعدد السجائر التي يدخنها الفرد الواحد في السنة في الولايات المتحدة ١٩٠٠-١٩٨٠ .

Source: John Cairns, *Cancer, Science, and Society* (San Francisco: W. H. Freeman, 1978).

على الدعاية للتدخين . وفي بريطانيا يتظاهر أمام المختبرات معارضو تشريح الحيوانات ضد استخدام الحيوانات في أبحاث السرطان . ولكنني لم أسمع قط عن إنسان يتظاهر خارج مصانع السيارات ضد إنتاج عربات تسحق الناس بمجرد الاصطدام ، أو خارج مصانع التبغ لإشفاف وباء سرطان الرئة المرعب الذي يقتل الناس في كثير من البلدان (انظر مقالة «وزارة الدفاع» .

وهناك اعتقاد شائع بأن السرطان تسببه أيضا الإضافات الكيماوية للطعام والمنتجات الصناعية الأخرى . ولكن عالمي الأورثة الطليعيين ريتشارد دول و ريتشارد بيتو وجدوا أنه ما من مؤشرات على صحة ذلك إلا بالنسبة لبعض العمال الصناعيين . ويظهر الشكلان ١٥ و ١٦ أن سرطان الجهاز التنفسي هو الشكل الوحيد من أشكال السرطان ، الذي ازداد حدوثه بشكل ملحوظ في السنوات العشرين الأخيرة ، وقد أثبت أن هذا الازدياد راجع حصرا إلى تزايد التدخين . وازداد أيضا معدل الوفيات بسبب سرطان الثدي ازديادا طفيفا ، ربما لأن النساء يكنّ أكبر سنا عندما يضعن مولودهن الأول . ولكن حدوث السرطانات الأخرى ومعدل الوفيات الناجمة عنها ، ظلا على حالهما أو أنهما هبطا ، في حين أنه لو كانت اتهامات مناصري البيئة صحيحة لكان لزاما أن يؤدي تزايد استخدام المنتجات الصناعية إلى ارتفاع بعض السرطانات على الأقل^(٤٦) .

إن الأسباب الحقيقية للسرطان تكمن على الأرجح في غير هذا المجال . فظهور الورم القتامي (الميلاتوم) مثلا في الجلد ، ارتفع ارتفاعا حادا ، لاسيما في كاليفورنيا وفي مناطق أخرى مشمسة ، وذلك كما يبدو نتيجة التعرض المفرط للشمس ، إذ وجد «دول» و «بيتو» تغيرات جغرافية واسعة في ظهور مختلف السرطانات . فسرطان الجلد أكثر شيوعا بمئتي مرة في كوينزلاند بأستراليا (حيث يتعرض ذوو البشرة البيضاء للشمس كثيرا جدا) مما هو عليه في بومبي بالهند ، حيث تحمي البشرة السمراء الناس من الشمس . وفي موزمبيق ، ينتشر سرطان الكبد البدئي أكثر بمئة مرة مما هو عليه في إنجلترا ، وربما كان السبب أن الإصابة بالتهاب الكبد B شائعة هناك ، كما أن سرطان البروستاتة أكثر شيوعا بين الأمريكيين السود مما هو عليه بين سكان اليابان الأصليين بأربعين مرة ، وذلك لأسباب مجهولة .



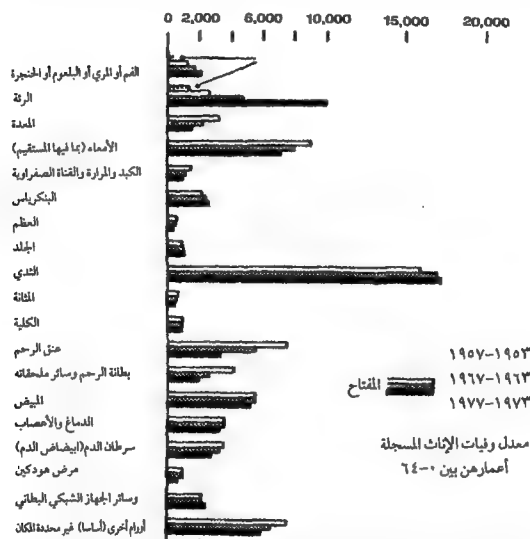
١٥- نسبة حدوث السرطان بالمليون امرأة من جميع الأعمار في الولايات المتحدة بين ١٩٤٧-١٩٤٨ مقارنة بأعوام ١٩٦٩-١٩٧١. لاحظ الارتفاع في سرطان الرئة الناجم عن تزايد تدخين التبغ، والهبوط في سرطان المعدة والبنكرياس لأسباب مجهولة.

Source: Richard Doll and Richard Peto, The Causes of Cancer (Oxford: Oxford University Press, 1981).

وسرطان الثدي في كولومبيا البريطانية أكثر شيوعاً بسبع مرات مما هو عليه بين نساء فلسطين من غير اليهوديات. وسرطان المثانة في ولاية كونكتيكت الأمريكية أكثر شيوعاً بست مرات مما هو عليه في اليابان، وذلك لأسباب مجهولة. ولقد قادت هذه الاختلافات «دول» و «بيتو» إلى استنتاج أن هناك سرطانات عديدة ترتبط بأسبابها بنمط حياة الناس التقليدية، وأن الكثير من السرطانات يمكن تجنبها فيما لو اكتشفت هذه الأسباب، وقد

اكتشف اختصاصي الأورام الياباني تاكاشي سوجيمورا مثلاً وجود مسرطن في اللحم أو السمك الذي سبق شويه على نار فحم الحطب ، ورأى أن هذه النار هي مصدر رئيسي لسرطان الأمعاء^(١٧) . وفي رأيه أنه يجب تجنب شوايات الفحم (باريكيو) .

ويبدل الآن مجهود بحثي مكثف للكشف عن أسباب الأنماط المتنوعة الأخرى من السرطان ولإطالة أعمار المصابين به . وهذا المجهود يسير على ما يرام ولكن أرقام «كيرنز» تجعلني أتعجب : لماذا لا يبذل مجهود أكبر أيضا



١٦- الوفيات السنوية الناجمة عن السرطان بالمئة مليون امرأة أمريكية بين سن الصفر وسن الرابعة وستين في الفترة ١٩٥٣-١٩٥٧ مقارنة بالفترة ١٩٧٣-١٩٧٧ . لاحظ الارتفاع الكبير في سرطان الرئة .

Source: Richard Doll and Richard Peto, The Causes of Cancer (Oxford: Oxford University Press, 1981).

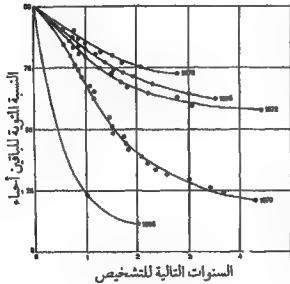
للإقلال من عدد الوفيات المبكرة (المقاربة لوفيات السرطان) ، وما هو أكثر حدوثا بكثير «العجز الجسدي» ، الناجمين عن حوادث الطرق ، علما أن المسائل المتصلة بهذا المجهود قد تكون أسهل بكثير وأقل كلفة من البحث عن حل المشكلات المتعلقة بالسرطان . والحقيقة أن هناك على الأرجح حلولاً عديدة لهذه المشكلة ، ولكن الإرادة السياسية لتطبيقها غير موجودة . فحتى عهد قريب ، كان البرلمان البريطاني يعتقد أن الإلزام بربط حزام الأمان ، الذي نعلم أنه يخفف من إصابات حوادث السيارات ، هو تقييد للحرية الشخصية ، وكانت معظم السيارات في إيطاليا غير مجهزة بأحزمة أمان ، ومن المعروف أن تحديد السرعة بـ ٥٥ ميلا في الساعة ، المفروض في ولايات أمريكية عديدة ، يخفف كثيرا من الحوادث . ففي السنة التي تلت هذا التحديد صار عدد حوادث الطرق أقل بـ ٩٣٤٣ حادثا ، أي بتخفيض قدره ١٧ في المئة ، كما قدر أن إصابات الرأس المؤدية إلى الصرع كانت أقل بـ ٩٠ ألف حالة ، وحالات الشلل الناجمة عن إصابات الظهر أقل بـ ٦٠ إلى ٧٠ في المئة . وهذه الأرقام زودتني بها وزارة النقل البريطانية ، ولكن لا بريطانيا ولا أي دولة أوروبية غربية أخرى اتبعت النموذج الأمريكي . كما زيدت حدود السرعة على بعض الطرق الأمريكية عام ١٩٧٨ . ولقد ربط الكثير من حوادث الطرق بتعاطي المسكرات (٣٠ في المئة في بريطانيا) ، في حين أنه يمكن تجنبها بمراقبة القيادة تحت تأثيرها مراقبة صارمة . وهكذا يبدو أن قتل الناس والتسبب بشللهم في حوادث المرور ليست كحقوق الحيوان ، إنها مسألة غير سياسية ، فتحديد السرعة والتدقيق على تعاطي المسكرات يسببان الاستياء باعتبارهما يقيدان الحرية الشخصية (لقد أدخلت إيطاليا الآن حدودا للسرعة قدرها ٧٠ ميلا في الساعة على الطرقات الوحيدة الاتجاه ، و٥٥ ميلا في الساعة على الطرقات الأخرى . ولدى بريطانيا حدود للسرعة مماثلة ، ولكن هذه الحدود لم تعد تطبق) .

العقاقير واللقاحات :

تتوقف معالجة السرطان والعديد من العلل الأخرى على تطوير عقاقير جديدة . وقد أتاح العلاج الكيماوي بالعقاقير التي تمنع الخلايا من الانقسام

فرصة لإنقاذ حياة العديد من الأطفال المصابين باللويميا^(*). ففي مطلع الخمسينيات في أمريكا ، كان يموت من السرطان سنويا ١٩٠٠ طفل أعمارهم دون الخامسة . ولدى حلول عام ١٩٨٥ انخفض هذا العدد إلى ٧٠٠ ، مما يعني أن ثلثي المرضى يمكن شفاؤهم نهائيا (الشكل ١٧) . كما أصبح بالإمكان شفاء عدة سرطانات أخرى عند الشبان ، فقد هبط عدد الوفيات من السرطان عند من هم دون الثلاثين من ١٠ آلاف إلى ٧ آلاف في السنة . وبالمقابل ، فإن الوفيات بسبب أكثر السرطانات شيوعا التي يتلى بها الأكبر سنا لم تهبط إلا بالكاد في السنوات الخمس والعشرين الأخيرة^(٤٨) . ويمثل هذا الواقع أكبر تحد أمام البحث والصناعة الصيدلانية .

ولكن هذه الصناعة شهدت منذ عهد قريب أحد أبرز نجاحاتها في مجال غير هذا ، هو تطوير حاصرات بيتا beta Blockers ، التي اكتشف أول واحدة منها جيمس بلاك في بريطانيا . ولبعض هذه الحاصرات بيتا فائدة في الذبحة الصدرية وتخفيف ضغط الدم ، وواحدة أخرى (طورها بلاك أيضا) تجعل القرحة المعدية تتراجع بمنع المعدة من إفراز حمض كلور الماء . وكان علماء الصيدلة يجربون عقاقيرهم الجديدة . دائما على الحيوانات قبل تجربتها على الإنسان ، فقد كان يعتقد أن هذا الإجراء (وحده) يحمي المرضى من التأثيرات السامة المحتملة ، ولكن مأساة الثاليدوميد thalidomide التي حدثت عام ١٩٦٢ هزت ثقة الجمهور بالصناعات الصيدلانية ، وأدت إلى تشديد تدابير السلامة في معظم البلدان .



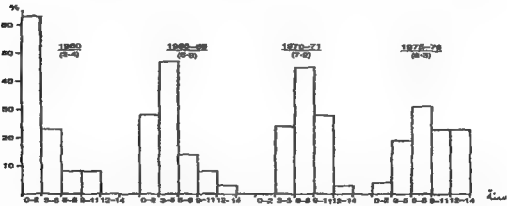
١٧- عدد سني بقاء الأطفال المصابين باللويميا على قيد الحياة في الفترة ١٩٥٦-١٩٧٨ . لقد جعلت المعالجة الكيماوية بعض الأطفال المصابين باللويميا يعيشون مدة أطول . ففي عام ١٩٥٦ ظل منهم على قيد الحياة بعد التشخيص ١٠ في المئة فقط . وحتى عام ١٩٧٨ كانت النسبة قد ارتفعت إلى ٧٥ في المئة .

Source: Denman Hammond at the Children's Cancer Study Group, in John Cairns, "The Treatment of Diseases and the War Against Cancer", Scientific American 253 (November 1985): 31-39.

* نوع من السرطان يسمى ابيضاض الدم .

ولكن التقيد باتخاذ هذه التدابير صار مريكا في العديد من البلدان ، ولا سيما الولايات المتحدة التي اعتادت أن تكون البلد الذي هو منشأ معظم العقاقير الجديدة ، فالوقت اللازم ما بين نيل براءة اختراع تركيب جديد وتسويقه كان معدله في أوائل الستينيات ثلاث سنوات ، وارتفع إلى سبع سنوات ونصف في أوائل السبعينيات ، ثم وصل إلى تسع سنوات في عامي ١٩٧٨ و ١٩٧٩ ويعود ذلك في الدرجة الأولى إلى زيادة إتقان التجارب وتعقيدها ، وإلى زيادة اختبارات الأمان المطلوبة (ويظهر في الشكل ١٨ الفترات الزمنية الموازية في بريطانيا العظمى) . فعلى سبيل المثال اكتشفت فعالية كربونات الليثيوم في علاج الاكتئاب الوسواسي في الخمسينيات ، وحتى عام ١٩٦٠ كان العقار قيد الاستعمال العام في أوروبا . أما في أمريكا ، فلم تعتبره أي شركة منتجا اقتصاديا يستحق أن تجرى عليه الاختبارات المفصلة التي تطلبها إدارة الغذاء والدواء ، لأن كربونات الليثيوم مركب لا عضوي بسيط ، ولا يمكن ترخيصه وبيعه بحقوق استثنائية (خاصة) . كما أخرجت أيضا عوائق مماثلة إدخال حاصرات بيتا ، وهكذا حكمت قوانين الغذاء والدواء على آلاف المصابين بالكآبة الوسواسية والأمراض القلبية بسنوات من المعاناة غير الضرورية .

على أن هذه القوانين نفسها تضافرت مع يقظة طبية بارزة هي هيلين توسنج ، فأنقذت الولايات المتحدة من التاليدوميد . فالرقابة الدائمة للعقاقير



١٨ - الفترة ما بين أول ترخيص للأدوية الجديدة في بريطانيا وإطلاقها عام ١٩٦٠ حتى عامي ١٩٧٥ - ١٩٧٦ . وتعطي الأرقام الموضوعة ضمن الأقواس الفترة المتوسطة .

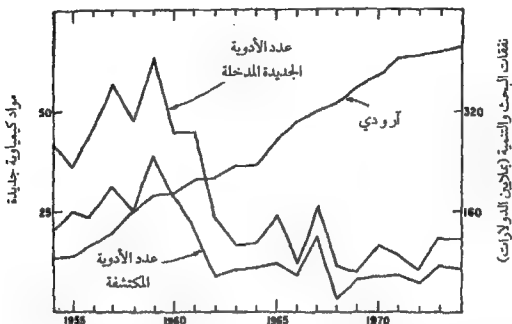
Source: M. F. Steward, "Public Policy and Innovation in the Drug Industry", in Proceedings of Section 10 (General) of the British Association for the Advancement of Science, 139th Annual Meeting, 1977, eds. Douglas Black and G. P. Thomas (London: Croom Helm, 1980).

لمعرفة آثارها الجانبية الخطرة ، وفرض سحبها بالقوة من السوق من قبل السلطات الشرعية هما أمران حيويان ، فعلى سبيل المثال ، اكتشف فريق من الصحفيين الباحثين البريطانيين أن بعض الشركات الدوائية المتعددة الجنسيات ، لا تزال تسوق عقاقير مؤذية في بلدان العالم الثالث ، حيث النظام الدوائي ضعيف . ولا توجد رقابة على التأثيرات الضارة . كما أن العقاقير التي سبق أن حصر استعمالها أو سحبت من السوق في البلدان المتطورة بسبب تأثيراتها الجانبية الخطرة ، هي الآن متيسرة وتباع بحرية في الأجزاء الأخرى من العالم ، وقد اكتشف الصحفيون عدة ضحايا جعلتهم هذه الأدوية في حالة مرضية حرجة^(٩) .

ويقال إن تطور اللقاحات وصناعتها وتسويقها قد أحبط بسبب الأضرار الفادحة التي لحقت عرضا ببعض الأشخاص عند استعمال بعض اللقاحات ، مع أن هذه الحوادث نادرة جدا ، ولكن اللقاحات لا تأتي بمكاسب كبيرة كالتي تأتي بها العقاقير المرخصة ، لذلك يمكن لكلفة المقاضاة إذا ما أضيفت إلى كلفة الإنتاج أن تبعد اللقاحات عن السوق . ولقد كانت النتيجة أن عدد صانعي اللقاحات أخذ بالهبوط باستمرار ، وهذا التراجع يسبب خطرا بالنسبة للصحة العامة أكبر مما تسببه الحوادث النادرة . لذلك قد يكون من الأفضل أن يقتصر التعويض على الضحايا حين يمكن إثبات وجود إهمال .

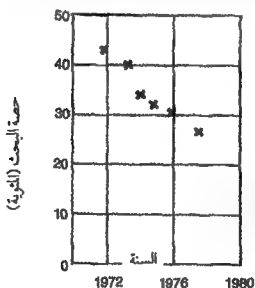
وفي الوقت الذي ازدادت فيه جوهريا صعوبة اكتشاف عقاقير جديدة ، ظهرت أيضا قيود تشريعية أشد صرامة . فاليوم صار لابد من تركيب ٧ آلاف مركب عضوي وسطيا قبل العثور على واحد مفيد من الناحية الصيدلانية ، وهذا عدد ضخم مقارنة بـ ٦٠٥ مركبات زرنيفية وجب أن يصنعها بول إرليش قبل أن يعثر على مركبه السحري المضاد لمرض السيلفلس (الزهري) . ونتيجة لذلك ارتفعت كلفة عقار جديد في السوق إلى خمسة أضعافها بلغة العملة الحقيقية ما بين عامي ١٩٦٠ و ١٩٧٥ ، وهي الآن بحدود ٥٠ مليون دولار . ولا تشكل كلفة الاختبارات الكيماوية والصيدلانية أكثر من ثلث هذا المبلغ الضخم ، والباقي يصرف على سمية الدواء والتجارب السريرية وعلى تطورات أخرى لابد منها لكي يكون بالإمكان طلب رخصة بالاستعمال .

وهكذا أخذ عدد الأدوية الجديدة المعروضة في الأسواق بالهبوط ، في حين تستمر نسبة المال الذي يصرف على تطوير الدواء بالارتفاع على حساب البحث (الشكل ١٩ - ٢١) (٥٠) .



١٩- اكتشاف عقاقير جديدة وإدخالها بكلفة تطوير العقار في الولايات المتحدة مقدرة بالدولار حسب قيمته عام ١٩٥٨ .

Source: H. G. Grabowski, J. M. Vernon, and L. G. Thomas, "Estimating the Effect of Regulation on Innovation: An International Comparative Analysis of the Drug Industry", Journal of Law and Economics 21 (1978): 133.

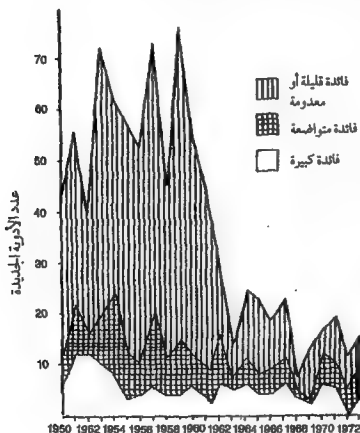


٢٠- النسبة المئوية للمشاركة في البحث في موازنة (G.A. هوكست) للبحث والتطوير ١٩٧٢ - (١٩٨٠) .

Source: Arzneimittel-Forschung in Deutschland, Pharama, Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie, Karlstrasse 21.6000 Frankfurt 1979-1980.

فالأدوية الصيدلانية في الولايات المتحدة مطعمة بالتهجمات الحادة على إدارة الغذاء والدواء لكونها تعيق التقدم . في حين أن الإدارة ترد بأن رقابتها خفضت إنتاج الأدوية الجديدة غير المجدية تخفيضاً جذرياً ، أما ارتفاع التكاليف وتزايد زمن التطوير فلهما أسباب أخرى .

حقاً إن البحث عن دواء جديد عملية مكلفة ، ولكن تحقيق تقدم في الصحة العامة في البلدان المتطورة والنامية أصبح سهلاً ورخيصاً عن طريق تعليم الناس تطبيق المعرفة المتوافرة . وقد أشار فوليميري رامالينغاسوامي (من مجلس البحث الطبي الهندي) إلى أن في بلاده أمراضاً عديدة لا تزال أمراضاً مقيمة - كتضخم الغدة الدرقية وجفاف العين وفقر الدم من سوء التغذية - مع أنه يمكن تجنبها بسعر رخيص جداً بتناول الملح اليودي (المضاف له اليود) والفيتامين A وسلفات الحديد . كما أن إسهال الأطفال شائع ، مع أن تجنبه ممكن بسهولة بتناول السوائل عن طريق الفم ومعها خليط من السكر والملح . إن برامج التغذية الإضافية للأطفال لا تأتي بتأثيرها الكبير إلا إذا تعلمت الأمهات كيف يتجنبن سوء التغذية والمرض عند الصغار .



٢١- التصديق السنوي على عقاقير جديدة في الولايات المتحدة وجدواها ١٩٥٠-١٩٧٢ .

Source: M. F. Stewart, "Public Policy and Innovation in the Drug Industry", in Proceedings of section 10 (General) of the British Association for the Advancement of Science, 139th Annual Meeting, 1977, eds. Douglas Black and G. P. Thomas (London: Croom Helm, 1980).

ولإيصال هذا النوع من الطب والمعارف البسيطة إلى الناس ، بدأت الحكومة الهندية بتنفيذ مخطط للصحة الريفية يفترض فيه أن يزود كل قرية يزيد سكانها على ١٠٠٠ شخص بعامل وحدة صحية يتم تدريبه لمدة ثلاثة أشهر في مركز صحي ابتدائي مجاور للقرية . وما إن قدم عام ١٩٨٥ حتى صار متوافرا لكل ٥ آلاف شخص في عموم الريف عاملان صحيان (رجل وامرأة) متعددا الأغراض . وهذا المخطط مماثل لمخطط الأطباء الحفاة الناجح في الصين ، وناهض ما يبديه الأطباء المتدربون في المستشفيات عادة من ميل للاهتمام بتأسيس وحدات عناية مركزة مهية في المدن ، أكثر من اهتمامهم بتنظيم خدمات صحية أولية لسكان الريف^(٥١) .

ولقد تحققت منظمة الصحة العالمية حديثا من أنه بالإمكان تحقيق خطوات واسعة في مجال الصحة العامة في بلدان متعددة ، فيما لو تبنت تطبيق المبادئ الصحية الأولية التي كانت قد طورتها أوروبا قبل ظهور الطب الحديث (الشكلان ١٢ و ١٤) . ولذلك شنت المنظمة حملة لتزويد كل إنسان حتى عام ١٩٩٠ بماء نظيف وجعل كل شيء لديه نظيفا وصحيا .

وأعلنت مؤسسة الأمم المتحدة للطفولة (اليونيسيف UNICEF) أن الأمراض المعدية التي يمكن الوقاية منها لا تزال تقتل ملايين الأطفال أو تتركهم مشلولي الجسم والعقل في البلدان الفقيرة . لقد أدخل التلقيح المضاد لشلل الأطفال إلى أمريكا منذ ثلاثين عاما ، ولكن شلل الأطفال في العالم كله لا يزال يصيب ربع مليون طفل كل عام . فيقتل ٢٥ ألف طفل ويترك الآخرين في شلل شديد أو خفيف ، إن شلل الأطفال والحصبة والخناق والسعال الديكي والكرزاز تقتل ما يقرب من ٤ ملايين طفل كل عام . ولذلك بدأت اليونيسيف UNICEF بحملة تلقيح لجميع أطفال العالم ضد هذه الأمراض حتى حلول عام ١٩٩٠ . وقد بدأت الحملة في عام ١٩٨٥ وأدت إلى تلقيح ١٨ مليون طفل .

ولا حاجة بنا إلى أن نذهب إلى العالم الثالث لكي نجد أطفالا غير ملقحين ، لأن التلقيح الإلزامي ينظر إليه على نطاق واسع أنه تقييد للحرية المدنية ، وإكساب المناعة في بريطانيا متاح مجانا ضمن الخدمات الصحية . ولكن خمس الأطفال غير محصنين من الخناق والكرزاز وشلل الأطفال

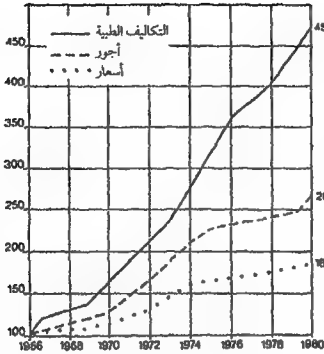
والحصبة الألمانية . وما يقرب من النصف ليسوا محصنين من الحصبة ، وأكثر من النصف غير محصنين من السعال الديكي . والتلقيح في أمريكا أيضا غير إلزامي قانونيا ، ولكن المدارس ترفض قبول أطفال ليسوا ملقحين ، الأمر الذي يجعل التلقيح في الواقع إلزاميا .

وهذا المطلوب للأسف غير مطبق في بريطانيا ، إذ على الرغم من توافر الخدمات الصحية الوطنية ، تبقى نسبة مرتفعة من الأمراض التي يمكن معالجتها عند البالغين غير مشخصة ، أو إذا شخصت فهي غير مراقبة مراقبة كافية . فعلى سبيل المثال نصف حالات داء السكري غير مشخصة أبدا ، والسداء عند نصف عدد هؤلاء الذين شخص مرضهم ليس خاضعا باستمرار للمراقبة^(٥٢) .

ومختصر القول أن جانبا كبيرا من الموت المبكر والعجز ، سواء في البلدان المتطورة أو النامية ، يمكن تجنبه فيما لو وجدت إرادة العمل وفق المعرفة المتوافرة . ولا يمكن تطوير الأدوية وأساليب المعالجة إلا إذا كانت لدى الجمهور رغبة في قبول قدر من المخاطرة ، إذ لا يمكن شراء صفر من المخاطرة إلا بكلفة لا نهائية - هذا إن أمكن ذلك أصلا .

التعمير (إطالة العمر) مكلف :

لقد بين الشكل ١٣ تزايد متوسط العمر المتوقع الذي وفرته لليابان القواعد الغربية في الصحة العامة والتغذية والطب . ويظهر الشكل ٢٣ الجانب الآخر من هذا التطور وهو الارتفاع الهائل في التكاليف التي تترتب على العناية الطبية بأناس يشيخون بصورة متزايدة . ففي سويسرا يرتفع الإنفاق الطبي للشخص الواحد بسرعة تزيد مرة ونصف المرة على تزايد الأسعار ، وبمرتين ونصف المرة على تزايد الأجور ، وقد ارتفع المعدل السنوي لكلفة الوصفات الطبية المقدمة من قبل طبيب عام في بريطانيا بين عامي ١٩٤٩ و ١٩٨٣ إلى أربعة أمثاله في حالة بالأسعار الثابتة ، وفي الولايات المتحدة تضاعفت التكاليف الطبية إلى ثلاثة أمثالها في عشرة أعوام ،



٢٢- الأسعار الاستهلاكية والأجور والتكاليف الطبية للشخص الواحد المؤمن صحيا في سويسرا بين عامي ١٩٦٦-١٩٨٠. لقد ارتفعت التكاليف الطبية بحدّة أكبر من ارتفاع الأسعار والأجور، ويعود ذلك جزئيا إلى تعمير السكان، إن الأعداد المدونة على اليسار (المحور الرأسي) تعطي الأسعار مقدرة بالنسبة لمستواها في عام ١٩٦٦ الذي اعتبر ١٠٠.

Source: Professor M. Schar, Zurich.

واستهلكت عام ١٩٨٣ نسبة ١١ في المئة من الإنتاج الوطني الإجمالي، وتسبب هذه الارتفاعات قلق الحكومات، وخاصة أن الطلب على المعالجة الطبية يفوق باستمرار ما يمكن تحصيله من التأمين الخاص أو الحكومي.

وهناك من يتسعد العلم بأنه يفرض على المنشآت الطبية باستمرار أدوات للتشخيص أكثر كلفة وأكثر تعقيدا. ولكن التشخيص السيء أيضا يؤدي إلى خطأ في المعالجة، مما قد يسبب زيادة في النفقات. ففي بريطانيا مثلا يسأل المرء: ما الفائدة من تركيب أورك صناعية لأناس مسنين مصابين بداء المفاصل على نفقة الدولة. إن البديل لهذا هو أن يبقى المرضى طريحي الفراش وبحاجة إلى التمريض، الأمر الذي يكلف المزيد. وبالمقابل سيكون أرخص بكثير لو أدى البحث العلمي إلى اكتشاف سبب داء المفاصل وطرق الوقاية منه أو شفاؤه من دون جراحة. ولقد أنجز مثل هذا التقدم بفضل البحث في قرحات المعدة التي لم تعد تحتاج إلى إزالتها جراحيا، إذ يمكن إبقاؤها مكبوتة الآن باستخدام عقار جيمس بلاك المدعو سيميتايدين cimetidine.

ولو نجح البحث العلمي في الوقاية من معظم أمراض الكهولة، لبلغنا الوضع المثالي، ولما الناس بكامل صحتهم في سن مناسبة من الشيخوخة

من دون أن يبدو عليهم كم بلغوا من العمر ، ذلك لأن مدة حياة الإنسان ، مثل باقي الحيوانات ، محدودة ، حتى في حال غياب المرض ، وأطول حياة موثقة بصدق هي ١١٤ سنة . ولكن يمكن أن نسعى إلى حياة مدتها الطبيعية من ٨٥ إلى ٩٠ سنة ، بحيث تصبح الوفاة قبل سن السبعين نادرة ، ولو أمكن تجنب جميع أشكال السرطان أو شفاؤها ، لارتفع متوسط أعمار أولئك الذين يموتون الآن من السرطان قبل الخامسة والستين ١٢ سنة ، ولكن متوسط أعمار الناس جميعا يزداد عندئذ سنتين فقط ، وهذا ما يظل هدفا بعيدا . لكن عدد الوفيات المبكرة في الولايات المتحدة وأستراليا ، الناجمة عن جلطة الشريان التاجي (الإكليلي) ، هبطت إلى النصف في السنوات الخمس عشرة الأخيرة ، وربما كان ذلك بفضل تغيير التغذية والإقلال من التدخين والمزيد من التمارين الرياضية ومراقبة ضغط الدم . وليس صعبا أبدا الوقاية من مثل هذه الأمراض ببث الدعاية لطرق معيشة أفضل . وهذه الدعاية غير مكلفة ، ولكن الطب الوقائي يحتاج غالبا إلى تمويل كان يمكن لولا ذلك تخصيصه للمعالجة . ويبين الجدول ٤ مدى ما تبلغه تكاليف مختلف برامج الوقاية . ولو اتخذت التدابير اللازمة للتخفيف من حوادث السير لأمكن زيادة متوسط العمر المتوقع بما يعادل الزيادة في حال الوقاية من السرطان أو من أمراض الدورة الدموية ، علما بأن هذه التدابير هي من أرخص التدابير . ثم إن كلفة سنوات الحياة التي ينقذها التشخيص المبكر ترتفع بتناسب عكسي مع عدد حالات الإصابة التي تم تشخيصها ، ومن هنا كان ارتفاع هذه الكلفة من ١١٧٥ دولارا عند الاختبار الأول لسرطان الأمعاء إلى ٤٧ مليون دولار عند الاختبار السادس ، أي حين يصبح من النادر جدا اكتشاف حالات جديدة . وقد تكون الوقاية أفضل دائما من العلاج (درهم وقاية خير من قنطار علاج) ولكنها ليست بالضرورة أرخص . فقد تبين مثلا أن إجراء عملية للمصابين بتضيق الشريان الأبهر aortas أرخص من الكشف على الناس جميعا لأول بادرة لهذه الحالة . ومن غير المرجح نظرا لهذه التكاليف ، أن تكون الدول ، حتى أغناها ، قادرة على تحمل تكاليف الكشف على معظم سكانها عند أول علامات السرطانات الشائعة والأمراض الأخرى الأكثر انتشارا . كما أنه ليس من المرجح أن يكون الكشف عاملا مؤكدا لتجنب هذه الأمراض . هذا عدا أن الكشف المتواتر قد يكون ضارا ومثيرا لحالات من العصاب .

الجدول ٤ - كلفة المعالجة الوقائية أو البحث عن مختلف أسباب الموت مقابل إطالة العمر سنة واحدة .

السبب	التدابير الوقائية أو البحث	تكلفة إطالة العمر سنة واحدة (بالدولار)
سرطان ، عام	دراسة حماية ممكنة - بيتا - كاروتين	١٠٠
سرطان معوي	أول اختبار للدم في الغائط	١١٧٥
	سادس اختبار للدم في الغائط	٤٧ مليوناً
سرطان الثدي	الفحص السنوي بأشعة X (السينية)	٥٠٠٠ تقريباً
القصور الكلوي	تنقية الدم	٣٠ ألفاً
انسداد الشريان التاجي	تحويل جراحي	٤٠٠٠
	الكشف على جميع متوسطي العمر من الرجال لمقدار تحمل التمارين (اختبار الجهد) واختبارات الثلاثيوم .	٢٢ - ٣٥ ألفاً
	الكشف عن الكولسترول عند الأطفال	٣٤٠٠ - ٦٤٠٠
قصور القلب والسكتة القلبية	الكشف عن ضغط الدم المرتفع ومداواته	٣٣ - ٦٤ ألفاً
حوادث السيارات	صناعة محسنة للسيارات وتنظيم مواصلات أكثر سلامة ، وهكذا . . .	٢٠٠٠

المصدر: Richard Doll, Richard Peto, David Evered, Julie Whelan, eds., The Value of Preventive Medicine, CIBA Symposium No. 110 (London: pirman, 1985)

هل تزيد الوقاية من الموت المبكر عدد الأشخاص المسنين المعاقين عقليا وجسديا إلى حد لا يمكن احتماله ماليا؟ إن «دول» و «بيتو» يجادلان (في النص التالي) بأن هذا غير صحيح :

«يتضح من عمليات المقارنة بين معدلات الوفيات الناجمة عن مرض معين أو في عمر معين ، في مختلف الدول ، أن معظم الوفيات في متوسط العمر يمكن تجنبها . كما يتضح بالمثل أن معظم الأمراض التي تسبب الآن عجزا في سن الشيخوخة كمرض ألزهايمر Alzheimer ، والتغيرات في جريان الدم في الدماغ ، والتهاب المفاصل الرثياني (الروماتزمي) سيكون من الممكن تجنبها (أو معالجتها) في نهاية المطاف مثلها مثل معظم السرطانات أو أمراض الأوعية الدموية ، وذلك لعدم وجود سبب نظامي يدعو لأن يكون إنقاص معدل الوفاة في سن معينة بسبب مرض ما مؤديا بالضرورة إلى زيادة هذا المعدل لمرض آخر . فقد تكون الوقاية من نوع معين من السرطان سببا في زيادة نوع آخر دون أن ندري . ولكن قد تكون أيضا وبلا احتمال نفسه سببا لنقصانه . إذ لا توجد بوجه عام ، عند أناس من عمر واحد ، رابطة إيجابية بشكل نظامي بين مرض وآخر . وإذا كان باستطاعة الطب الوقاية من أمراض لها معدلات هلاك مرتفعة ، فلماذا لا يكون باستطاعته تجنب أمراض معدلات الهلاك فيها منخفضة ؟ حقا إننا قد نجد أن بعض هذه الأمراض هي نتيجة لتقائية كبر السن الذي لا يمكننا إرجاعه إلى الوراء ، ولكن لماذا التشاؤم بهذا الشأن ؟ لا شيء في التاريخ الغابر يشير إلى أن علينا أن نكون متشائمين»^(٥٣) .

تقانة المورثات (الجينات) والطب :

لم يمحض على وجود تقانة المورثات سوى خمسة عشر عاما ، ومع ذلك فقد وجدت لها بعض التطبيقات الطبية المفيدة ، وفي مقطع سابق حول «التقانة البيولوجية والهندسة الوراثية في الزراعة» شرحت لماذا لا يفكر أحد بالعبث في مجين (*) genome الإنسان . ومع ذلك يمكن الآن دراسة هذا المجين

* المجين مجموع المورثات (الجينات) .

بتفصيل دقيق . فمن الناحية المبدئية ، يمكن عزل أي مورث من مورثات الإنسان واستنساخه (تنسيله) وفك شفرته .

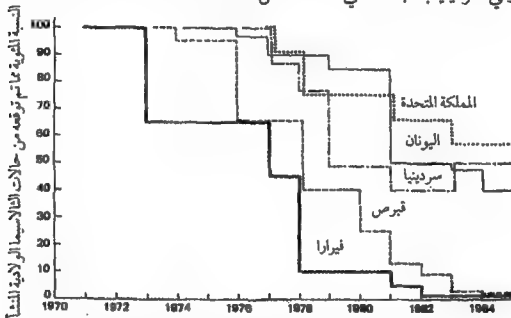
كما يمكن صنع البروتين الذي يقوم هذا المورث بالتكويد له ، وبأي كمية نحتاج إليها للأغراض الطبية .

إن الأمراض الموروثة مسؤولة عما يقرب من ثلث عدد جميع نزلاء المستشفيات من الأطفال ، وعما يقرب من نصف عدد جميع وفيات الأطفال دون سن الخامسة عشرة . وقد استنبط أطباء التوليد وعلماء البيولوجية الجزيئية أساليب لتشخيص حالة الجنين قبل الولادة ، مما قلص كثيرا من عدد المواليد الذين يحملون أحد أقسى الأمراض الموروثة وأكثرها شيوعا^(*) ، وهو الثالاسيميا الرئيسية^(*) *Thalassemia major* . وهي نوع من فقر الدم شائع حول البحر الأبيض المتوسط وفي جنوب شرقي آسيا . والذين يحملون مورث هذا المرض ، يولدون أصحاء إذا كانوا متخالفي اللواقح *hetero-zygotic* [أي يحملون مورثين (متقابلتين *alleles*) إحداهما تورث المرض والثانية تقاومه] . ولكن إذا كان الأبوان حاملين للمورث ومتخالفي اللواقح ، فإن احتمال أن يولد لهما طفل مصاب بفقر الدم هذا (الأييميا) هو واحد من أربعة (أي احتمال ولادة طفل غير مصاب هو ثلاثة من أربعة) . ويمكن معرفة أن الأبوين يحملان المورث أو لا بإجراء تحليل كيميائي بسيط للهيموغلوبين (خضاب الدم) في كريات الدم الحمراء ، أو للDNA الموجود في كريات الدم البيضاء . فإذا كانا حاملين للمورث ، عندئذ يكفي انتزاع خيط رفيع جدا من الغشاء المحيط بالجنين ، البالغ من العمر ثمانية أو تسعة أسابيع ، للحصول على ما يكفي من الDNA لتشخيص حالة الجنين إن كان قد ورت الثالاسيميا أو لم يرثها قط . لأنه قد يرثها من أب واحد وعندئذ سيولد سليما ومعافى ، أو قد يرثها من الأبوين وعندئذ سيبتلى بدائها . فإذا كان الجنين قد ورت المرض من كلا الأبوين ، صار باستطاعة هذين أن يقررا - إن أرادا - متابعة الحمل ، أو إنهاء والاستعداد لحمل آخر بولد سليم الجسم .

ولقد عانت طيبة الأطفال برناديت مودل من الأسى بسبب الارتفاع الحاد في عدد الأطفال المصابين بالثالاسيميا للأسر القبرصية المقيمة في لندن .

(*) الثالاسيميا مجموعة أمراض وراثية تضطرب فيها نسب تركيب الخضابات الثوية لعدم التوازن في إنتاج سلاسل الغلوبين (من كتاب محمد بديع حمودة : أمراض الدم) .

فنظمت ، بمساعدة عدد من الزملاء المحنكين ، عملية تشخيص قبل الولادة في مستشفى الكلية الجامعي . وسرعان ما طوقت عيادتها بالحوامل القبرصيات ، وقد أثبت عملها نجاحا كبيرا حتى أن أطباء من بلدان البحر الأبيض المتوسط أتوا إليها للتدريب ليتمكنوا من إدخال التشخيص قبل الولادة إلى بلدانهم . ومع حلول عام ١٩٨٣ أنقص تشخيص هذا المرض عدد المواليد المصابين بالثلاسيميا سنويا من ٧٠ إلى ٢ في قبرص ، ومن ٣٠٠ إلى ١٥٠ في اليونان ، ومن ٧٠ إلى ٣٠ في سردينيا ، وفي مدينة فيرارا الإيطالية نقص من ٢٥ إلى صفر . أما في إيطاليا بمجموعها فقط هبط العدد بنسبة ٦٠ في المئة وفي سردينيا بنسبة ٧٠ في المئة (الشكل ٢٣) (٥٥) .



٢٣- تناقص عدد المواليد المصابين بالثلاسيميا (نتيجة للتشخيص السابق للولادة) في كل من مدينة فيرارا الإيطالية ، وجزيرتي قبرص وسردينيا في البحر الأبيض المتوسط ، واليونان والمملكة المتحدة . إن هذه الأعداد هي نسب مئوية من الأعداد المتوقعة على أساس تكرار المواليد المصابين بالثلاسيميا في عام ١٩٧٠ الذي اعتبر ١٠٠ .

Source: Report of the World Health Organization European/Mediterranean Working Group on Haemoglobinopathies, Brussels: 14 March 1986; Paris: 20-21 March 1987).

ولنلاحظ أن حوادث ولادة أطفال مصابين بالثلاسيميا في سردينيا عادت فارتفعت عام ١٩٨٤ ، وذلك لأن المسؤولين عن الصحة فشلوا في تمويل حملة التوعية الضرورية في القرى النائية . كما أن عدد المواليد المصابين بالثلاسيميا في المملكة المتحدة وفي البلدان الواقعة شمال غرب أوروبا لم

ينقص كثيرا حتى الآن ، ذلك لأن المرض منتشر فقط بين الأقليات القومية القادمة حديثا إلى هذه البلدان والموزعة على عدد قليل من المدن الصناعية ، كما أنه لم توضع موضع التنفيذ سياسات وطنية لاستئصال هذا المرض .

يعتقد كثيرون أن قتل جنين الإنسان خطيئة أخلاقية حتى لو كان سينمو متخلف العقل والجسم ومحكوما عليه بعذاب مديد . فالتعاليم الكاثوليكية تؤمن بأن هذا العذاب يجب تحمله لأجل المسيح الذي تألم لأجل الإنسان . ولكن هذه الأحكام الأخلاقية يفوتها أن تأخذ بعين الاعتبار الأسى الذي تسببه تربية مثل هذا الطفل (المعاق حتى الشلل) للأسر المنكوبة . بل إن أعباءه الكثيرة على الأم قد تجعلها تهمل زوجها وأولادها الآخرين ، كما قد تنعدم الرغبة لدى الزوجين في الحصول على أطفال آخرين خوفا من أن يكونوا مثله . ومن المحتمل أن تعمل هذه التوترات إلى جانب ما يلزمها من أعباء مالية على تحطيم العائلة بأكملها . لذا أعتقد أن على الكنيسة والأحزاب السياسية والدولة أن يتركوا للأباء قرار إجراء تشخيص سابق للولادة إن أرادوا ذلك ، وأن يجيزوا لهم تحمل مسؤولية إنهاء الحمل إذا اختاروا ذلك اختيارا مبنا على علمهم بالوضع .

وربما كانت أقوى حجة تدعم هذه السياسة هي التي هي نستقيها من ملاحظة أن الأزواج الذين سبق لهم أن حصلوا على ولد مصاب بالثالاسيميا من دون أن يلجأوا عند الحمل إلى التشخيص المسبق ، يسعون لثلا يتجنبوا أطفالا آخرين . فالأزواج القبرصيون مثلا الذين أنجبوا طفلا مصابا بالثالاسيميا ولم يلجأوا إلى التشخيص المسبق عند الحمل ، كان لديهم ما معدله ولد في كل ٤٧ سنة من الزواج ، أما الأزواج الذين لجأوا إلى التشخيص المسبق فقد كان لديهم ما معدله ولد سليم كل ٦ ، ٤ سنوات من الزواج^(٥٦) .

ويولد في الولايات المتحدة كل عام من ٧٠ إلى ٨٠ طفلا مصابين بالثالاسيميا الرئيسية ونحو ١٠٠٠ طفل أسود مصابين بالثيميا المنجلية (فقر الدم المنجلي) ، وهي نوع خطير آخر من أمراض الدم . ولكن عدد المواليد المصابين بالثالاسيميا ، أخذ بالتناقص . وهذا يعود في جزء منه إلى التشخيص أثناء الحمل ، وفي الجزء الآخر إلى تزايد التزاوج بين اليونانيين

والإيطاليين من جهة والفشات العرقية الأخرى من جهة ثانية^(٥٧) . أما المواليد المصابون بالأثيميا المنجلية فلا يوجد دليل بعد على تناقص عددهم ، وربما كان ذلك ناشئاً عن أن الإعلام حول التشخيص السابق للولادة لم ينتشر بعد بين تجمعات السود السكنية . وقد أثبتت تجربة البحر الأبيض المتوسط أن حملة التوعية المتعلقة بالخدمات السابقة للولادة ، يمكن أن تخفض بصورة حادة عدد المواليد المصابين بالأثيميا المنجلية ، ولكنها ترفع عدد المواليد الأصحاء الذين يحملون مورثاً مقابلاً (أليلا) allele gene واحداً للخلايا المنجلية .

ثمة أمراض وراثية لا يمكن حتى الآن تشخيصها عند الأطفال قبل ولادتهم ، ومن الأمراض التي يمكن تشخيصها قبل الولادة : أعراض الكتابة^(*) والشفة الأرنية^(**) وتليف المثانة^(***) ، كما أن مرض الناعور (عدم تخثر الدم) وبعض أنواع نقص التغذية العضلية يمكن تشخيصها أيضاً . ولكن هذه الأمراض تظهر غالباً نتيجة طفرات جديدة عند الأطفال المولودين لأبوين سليمين ، ولا تصبغ واضحة إلا بعد الولادة .

والآن هل ستشفى المعالجة الجينية الأمراض الموروثة؟ إن معظم الأمراض الموروثة هي نتيجة طفرات تشوش أو تخرب وظيفة أحد البروتينات الأساسية . ولمساعدة المرضى ، ينبغي إدخال : إما البروتين المفقود نفسه إلى الجسم (فمثلاً يمكن في حال مرض الناعور إدخال العوامل المفقودة التي تخثر الدم إلى الدم عن طريق الحقن) ، وإما عن طريق إدخال المورث اللازم لتكوين^(****) البروتين الناقص بطريقة تجعله يتألف في مركب واحد مع أنسجة المريض .

ولكي تنجح هذه الطريقة ، لابد من أن يرتبط المورث أولاً بصبغيات (كروموزومات) المريض وإلا فقد أو تحلل . وللقيام بهذا الارتباط يجربون الآن الطريقة التالية : يربط المورث المطلوب بصبغي أحد الفيروسات . وحين

. Down's Syndrome (*)

. Spina bifida (**)

. Cystic Pibiosis (***)

. To Code (****)

يخمج(*) هذا الفيروس شخصا ينقل كامل صبغيه إلى داخل نوى بعض خلايا هذا المريض . فمن المفروض عندئذ أن تتركب هذه الخلايا البروتين المطلوب . ولكن لا بد أولا من تجنب أن تصبح هذه الخلايا مخموجة بالفيروس نفسه ، لذلك تستأصل من صبغي هذا الأخير المورثات اللازمة لتكاثره ولتحقيق تأثيراته المرضية . إن هذه الطريقة صعبة وغير مضمونة ، لأن نقل دنا الفيروس إلى نواة خلية إنسان هي عملية خاضعة للمصادفة ، ولا توجد حتى الآن طريقة تضمن أن يرتبط المورث المفقود قطعاً بالوضع السليم على الصبغي الصحيح للإنسان ، إذ قد يرتبط بأي مكان آخر غير السليم ، وعلى أي صبغي من الخمسة والأربعين(**) الأخرى (غير المقصودة) ، ومع ذلك فقد سبق أن أجريت هذه العملية على فأر .

ويجرب الآن عدد من علماء الطب الأمريكيين هذه الطريقة على أطفال يعانون من مرضين هما من أسوأ وأصعب الأمراض الموروثة علاجاً : عوز نازعة أمين الأدينوزين(***) ، الذي يشل نظام المناعة ، وأعراض متلازمة ليخ-نيهان Lesch-Nyhan syndrome التي تجعل الطفل يشوه نفسه ، كأن يقضم أصابعه . لقد انتزع العلماء قليلاً من نقي (نخاع) عظم هؤلاء الأطفال وحضنوه مع الفيروسات الحاملة للمورثات الناقصة ، ثم أعادوا هذه الخلايا «المحورة» إلى نقي الأطفال . وهكذا لم يدخلوا الخمج الفيروسي في المريض ، وإنما خارج جسمه وفي خلايا مأخوذة من المريض ، ولكن فقط بعد أن جعلوا الفيروس غير مؤذ . فمن المفروض أن تتضاعف هذه الخلايا المحورة وأن تزود الجسم بالبروتين المفقود بمجرد إعادتها إلى نقي العظم .

فهذه الطريقة تشبه تلك المستخدمة في إعادة زرع نقي العظم في حال اللوكيميا (ابيضاض الدم) . ففي هذه الحالة يقتل نقي العظم المسرطن بجراحة (ميتة) من الإشعاع ، ثم يوضع مكانه نقي عظم سليم من أحد المتبرعين . لذا لا مبرر لإدانة هذه المحاولات بدعوى أنها مجرد عبث بمجين الإنسان كما

(*) Infect

(**) إذ نعلم أن عدد الصبغيات عند الإنسان هو ٢٣ زوجاً أي ٤٦ صبغياً .

(***) هذه التسمية وردت في كتب كلية الطب في دمشق : «الفيزيولوجية المرضية» ص ١٦٦-١٦٧ .

للمأمون والتطائي .

ادعى خصوم الهندسة الوراثية . ولكن هذه المحاولات تجازف فعلا بالتعرض لأخطار بعيدة المدى ، إذ من الممكن أن يصبح الصبغي الفيروسي الناقص مخمجا عند اتحاده مع صبغي آخر كصبغيات فيروسات غير مكتشفة أو مع أجزاء من دنا المريض ، أو من الجائز أن ينشط الصبغي الفيروسي الناقص عرضا أحد مورثات المريض السرطانية ، ولهذه الأسباب كلها لا تجرّب المعالجة الآن إلا على أطفال إصابتهم سيئة جدا . وحتى الآن كانت المحاولات غير ناجحة ، لأن المورثات المدخلة حديثا أخفقت في تحفيز تركيب كميات ذات قيمة من البروتين المطلوب .

وهناك محاولة غير هذه نجحت في بعض الحالات ، وهي إعادة زرع نقي عظم مأخوذ من قريب صحيح الجسم . فقد نجح العلماء حديثا بتكوين نموذج فأري لأعراض متلازمة لينخ - نيهان مكون من خلايا جنينية تفتقر للمورث الخاص بالإنزيم الناقص في حالة هذا المرض . وقد عاجلوا هذه الخلايا بدنا DNA يحوي المورث المطلوب ومكون بطريقة تجعله لا يستوطن إلا في الهدف الصحيح ، أي في الموضع الذي كان فيه هذا المورث ناقصا من صبغي الفأر . وقد نجح هذا النقل المسدد في نحو خلية واحدة من أصل كل مليون خلية معالجة ، فقوى الآمال في إمكان تطبيق النقل على خلايا نقي العظم عند الإنسان (٥٨) .

وهناك أيضا أمراض وراثية ، كمرض هنتينجتون المسمى الرقاص (*) وهذه الأعراض ليست ناشئة عن غياب بروتين معين أو عدم قيامه بوظيفته ، بل ناشئة عن تأثيرات ممرضة لبروتين غير سوي هو نتاج مورث غير سوي ، إن هذا المورث يمكن من الناحية النظرية تجميده (أي توقيفه عن العمل) ، ولكن لا توجد إلى الآن طريقة عملية لفعل ذلك .

من المتوقع ، إذا نجحت المعالجة الجينية ، أن تبدأ مكلفة ، ولكنها سرعان ما تصبح أرخص من العناية بمدى الحياة بالمرضى الذين يعانون من هذه الاضطرابات . إن اختيار الأطفال الذين سيعالجون ، وموافقة آبائهم على ذلك ، وتمويل المعالجة ، هذه كلها تثير على الأرجح مشكلات على مستوى

(*) Huntington's Shorea وهو اضطراب عصبي يتميز باختلاجات عصبية في الوجه والأطراف .

أخلاقي . وقد قام فريق عمل في أمريكا ، يتكون من ثلاثة علماء في الطبيعة ، وثلاثة أطباء وثلاثة مختصين بالأخلاق ، وثلاثة محامين ، وسياسيين ، ورجل عادي ، بالنظر في هذه المسائل ، وقد نشرت استنتاجاتهم القاسية والعطوفة ، وهي تصلح لأن تكون نموذجاً للبلدان أخرى تواجه هذه المشكلات نفسها^(٥٩) . إن المعالجة الجينية لبيضه إنسان مخصصة غير واردة ، لأنها لا تنتج إلا في جزء من البيضات المعالجة ، في حين أن العديد منها يمكن أن ينتهي إلى ولادات غير طبيعية .

لقد حققت تقانة المورثات (التقانة الجينية) لأبحاث السرطان أعظم تقدم منذ عام ١٩١٠ ، عندما اكتشف بيتون روس أول فيروس سرطاني في الدجاج . فقد اكتشف علماء البيولوجيا الجزيئية أن مسؤولية سرطان الدجاج تقع على عاتق مورث واحد لا غير ، إذ ينتقل هذا المورث من صبغي الفيروس إلى أحد صبغيات الدجاج المضيفة بعد الخمج (العدوى) ، والأمر نفسه ينطبق على الفيروسات المسببة لسرطان الحيوانات والطيور .

وقد ظن في بادئ الأمر أن هذه الدراسات أخرى بها أن تكون مجرد دراسات أكاديمية ، لأنه لم يكن معروفاً إلا عن بعض سرطانات قليلة لدى الإنسان ، أنها من منشأ فيروسي ، ولكن البحث في هذا الاتجاه سرعان ما أدى إلى اكتشاف وضعنا في موضع قريب من فهم الأساس الجيني لبعض سرطانات الإنسان الرئيسية . فقد اكتشف علماء البيولوجيا الجزيئية مورثات من صبغيات الإنسان قريبة الشبه جداً بمورثات السرطان الفيروسية . فيمكن لطفرات تلقائية أن تحول هذه المورثات الطبيعية إلى مورثات سرطانية ، بحيث تتطابق [على المورثات] المواضع التي تحدث فيها الطفرات مع المواضع التي تجعل المورثات الطبيعية عند الإنسان مختلفة عن المورثات الفيروسية السرطانية . أما وظيفة هذه المورثات الطبيعية عند الإنسان ، فما زالت غير معروفة . ولكن يبدو أن العديد من هذه المورثات يتحكم في تركيب للبروتينات التي تحض على انقسام الخلية أو تعمل مستقبلات للبروتينات التي تقوم بهذا التحريض . لذا يمكن للطفرات التي تطرأ على هذه المورثات أن تتيح لانقسام الخلية أن يقلت من زمام الرقابة . ويحدونا الأمل اليوم في أن نتعرف سريعاً الآلية الجزيئية المضبوطة التي تحول الخلايا الطبيعية إلى خلايا

سرطانية . وليس ضروريا أن تؤدي هذه المعرفة مباشرة إلى معالجة السرطان بطريقة أفضل ، ولكنها أول شيء نحتاج إليه لمعالجة أفضل . فبحوث السرطان كانت حتى الآن تتلمس طريقها في الظلام^(١٠) .

ويمكن لتقانة المورثات أن تفضي حالا إلى معالجة جلطة الشريان التاجي ، إذ تحوي أنسجة الإنسان كميات ضئيلة من بروتين يدعى منشط البلاسمينوجين (TPA) plasminogen activator ، الذي يعمل على تذويب الجلطات الدموية ، وقد عزل علماء الكيمياء الحيوية المورث الذي يكوّن تركيب هذا البروتين واستنسلوه وأدخلوه في البكتيريا القولونية coli bacteria سمول أو في الخميرة ، أو في خلايا مأخوذة من الثدييات ويمكن أن تنمو بالزرع ، وجعلوها تنتج البروتين المذكور بكميات وافرة ، ويصنع الآن هذا البروتين (TPA) في عدد من الشركات المهتمة بالمورثات ، ومن المرجح أن يعم استعماله لتذويب الجلطات الدموية في الشريان التاجي وفي حالات الانسداد الأخرى حالما تكون إدارة الغذاء والدواء (الأمريكية) قد أجازته^(١١) .

كما تحاول هذه الشركات نفسها جعل بكتيريا الخميرة أو بكتيريا القولون تقوم بتصنيع العامل المخثر للدم الذي يفتقر إليه مرضى الناعور . واليوم تعزل هذه المادة (أو العامل) من دم الناس المتبرعين . ولكن هذا الدم قد يحمل خمجا فيروسيا (عدوى فيروسية) . فالذي حدث لسوء الحظ أن هذه الجهود لم تبدأ إلا بعد أن أصيب العديد من مرضى الناعور بفيروس الإيدز ، ويقال إن ثلاثة أرباع مرضى الناعور في بريطانيا كانوا قد أصيبوا بعدوى الإيدز من مستحضرات عوامل تخثير الدم المستوردة من الولايات المتحدة .

لقد صار من الممكن ، بعد اكتشاف كارل لاند شتاينر للزمر الدموية في بداية هذا القرن ، دحض القرابة بين طفلين - ولكن ليس إثباتها . وقد صيغت بعض القوانين وفقا لهذا الاكتشاف . كما اكتشف عالم الوراثة أليك جيفريز حديثا أن صبغيات الإنسان تحوي شذفا (قطعا) من الدنا تختلف فيها تعاقبات أسس النوكليوتيدات من فرد إلى آخر . فالتحليل الكيميائي لهذه القطع يبرز غطا مميزا من سلاسل النوكليوتيدات الموروثة من الأب والأم على حد سواء . فإذا تطابق نصف سلاسل الطفل مع نصف سلاسل الأب المدعي للبنوة ، عندئذ يستبعد بكل طمأنينة إمكان أن يكون أي شخص آخر أباً

للم طفل^(١٢) . وفي الدعاوي القضائية ، يساعد تحليل الدنا المستخرج من آثار الدم أو الجلد أو من المني على إثبات جرم المتهم أو دحضه بكل يقين ، ففي إنجلترا أدت هذه الطريقة حديثا إلى إثبات براءة رجل كان قد أدين وسجن بتهمة القتل والاغتصاب .

إن أكثر المسائل إلحاحا اليوم أمام الهندسة الوراثية هي البحث عن لقاح لوقف وباء الإيدز ، فالتلقيح المضاد لفيروس شلل الأطفال ، لم يصبح ممكنا إلا بعد أن اكتشف البيولوجي الأمريكي ج . ف . إندرز كيف يزرع (يستنتج) هذا الفيروس في مزارع مكونة من خلايا أجنة الدجاج . أما فيروس الإيدز الذي كان أول من عزله لوك مونتانيه في معهد باستور بباريس عام ١٩٨٣ ، فلا يزرع إلا في خلايا متخصصة من دم الإنسان (هي الكريات البيضاء الناتية) التي لا يمكن أن تزرع على نطاق واسع . فضلا عن ذلك ستكون هذه الزراعة خطرة جدا ، أما تقانة المورثات فتفتح طريقا أسهل .

ولقد وجد علماء الفيروسات والبيولوجيا الجزيئية ذلك الفيروس مغلفا بستين نسخة متطابقة من بروتين غلافي (غمدي) . وهذا البروتين هو أول ما «يراه» جهاز المناعة من الفيروس عند العدوى به . فمن المفروض أن يكون هذا البروتين قادرا على تحريض جهاز المناعة على إنتاج أجسام مضادة مناهضة للفيروس . وقد عزل العلماء المورث المكود لهذا البروتين ، واستنسلوه ووصلوه بصبغي الفيروس العضوي ، وعندما خُمجت (infected) بعض اليرقانات بهذا الفيروس ، أنتجت كميات وافرة من البروتين الغلافي . لكن التجارب التي أجريت على الحيوانات أثبتت أن هذا البروتين بكل كمياته هو مستضد^(*) ضعيف لا غير . وقد رفع و . ف . جارينت (جامعة جلاسكو) من قدرة هذا المستضد على الإثارة ألف مرة بأن امتزجه ad-sorb على سطح جسيم فحم هيدروجيني مستخرج من لحاء شجرة من جنوب أمريكا ، فأصبح الجسيم الممتاز أشبه بفيروس كروي صغير . وهذه تقنية جديدة أدخلها عالم المناعة السويدي ب . مورين وآخرون . فالذي «يراه» جهاز المناعة على سطح هذا الجسيم (الشبيه بالفيروس) هو العديد من

(*) يسمى هذا البروتين مستضدا antigen لأنه يستثير كريات الدم البيضاء المضادة للأجسام الغريبة .

جزيئات بروتين غلاف الفيروس المتراص بعضها إلى جانب بعض وكأنها فيروس حي ، ولذلك يكون رد فعله عنيفا . وهناك لقاح آخر طور في الولايات المتحدة ، ويتكون من فيروس جدري البقر الذي يحمل إضافة إلى موروثاته الخاصة ، المورث الذي يكوّن (*) بروتين غلاف فيروس الإيدز ، ولذلك لابد أن يكون سطحه مغطى بنسخ عديدة من هذا البروتين . ولقد صنعت هذه اللقاحات لتواجه فيروس عوز المناعة ضد القردة ، وهو يشبه ذاك الذي يصيب الإنسان . وقد أظهرت هذه أجساما مضادة ، ولكن هذه الأضاد أخفقت في حماية القردة من عدوى ثانية بالفيروس ، ولم تفهم أسباب هذا الفشل . وفي المدى المنظور لا يتوقع توافر لقاح للإيدز .

على أن تقانة المورثات تؤدي إلى تطور لقاحات آمنة مضادة للملاريا ولأمراض مدارية أخرى لمنفعة الصحة العامة في أنحاء عديدة من العالم .

هل أطاح العلم بإنسانية الطب؟

لقد تحرر الكثيرون الآن من أوهامهم بشأن الطب الحديث ، وذلك على الرغم من نجاحاته الباهرة ، ويهتمون العلم بأنه جرده من إنسانيته . وتعود أصول هذا الاتهام إلى ممارسة سابقة للطب كما وصفها لويس توماس في سيرته الذاتية (العلم الأجد) . فقد نشأ توماس ابنا لجراح عام في مدينة صغيرة بعجيزة نيو إنجلاند ، وصار طالبا في مدرسة هارفارد للطب في ثلاثينيات هذا القرن (١٣) .

وعندما اصططحبه والده في جولاته ، أخبره أنه قلما كان قادرا على تقديم يد العون للعديد من الأشخاص الذين كانوا يطلبون مساعدته . فقد كانت معظم الأمراض تقتل أناسا وتترك آخرين ، ولو كنت من هؤلاء المحظوظين لظننت أن الطبيب هو الذي أنقذك . وكانت الأدوية التي يحملها والد توماس مجرد أدوية وهمية (***) ، أو مقويات أو خلطات لا نفع فيها ولا ضرر كأكسبير الحديد والإستراكتين والكينين . وحين دخل لويس توماس الشاب مدرسة

. encode(*)

. (***) دواء وهمي (غفل) placebo .

الطب ، علموه كيف يشخص الأمراض من أعراضها وما يظهر في المختبرات . أما المعالجة فلم تكن تشكل سوى جزء صغير من منهاج الدراسة . كما علموه أن ما يريد أن يعرفه الزبائن المرضى هو اسم مرضهم وسببه المحتمل ، وما هي الأطوار المرجحة التي يمر بها . وعندما أصبح طبيبا مقيما ، بدأ هو وزملاؤه يتحققون من أنه لم يكن باستطاعتهم أي شيء لتغيير معجى معظم الأمراض التي كانوا يشخصونها «إن بقاء المريض حيا أو موته كان يتوقف على التاريخ الطبيعى للمرض نفسه ، وليس على الطب الذي لم يكن يغير من الأمر كثيرا» .

وكان وليم أوسلر الأستاذ العظيم للتشخيص الكلاسيكي ، أستاذا للطب في جامعة جونز هوبكنز في عام ١٩٠٠ ، ثم صار فيما بعد أستاذا للطب في جامعة أوكسفورد ، وقد كتب عنه رنيه دويوس أنه «ظل حتى آخر حياته لا يتزحزح عن اعتقاده بأن الطب لا يمكن تعلمه إلا بجانب السرير ، وأن أهم جانب فيه هو فن إقامة الشكل الصحيح للعلاقة بين الطبيب والمريض . وعند أوسلر أن الإيمان بالآلهة والقديسين يشفي شخصا ، والإيمان بحبات الدواء الصغيرة يشفي شخصا آخر ، والإيحاء بالتنويم المغناطيسي يشفي ثالثا ، والإيمان بطبيب عام يشفي رابعا^(٦٤) . وعندما وصلت إلى إنجلترا عام ١٩٣٦ كان يعتبر أسلوب جانب السرير هو الأسلوب الأمثل في مهنة الطب» .

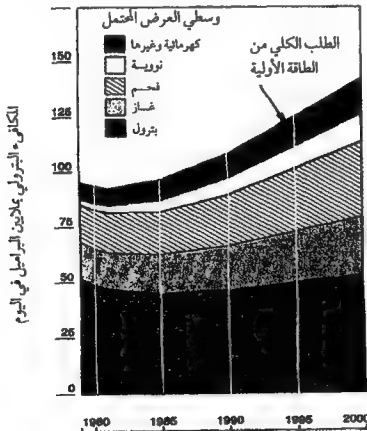
ولقد حولت خطوات التقدم الواسعة ، التي تحققت في السنوات الخمسين الماضية ، تعليم الطب نحو التأكيد على الأساليب العلمية للتشخيص والمعالجة . وفي بعض الأحيان نحو إهمال العلاقة الشخصية بين الطبيب والمريض التي كانت موجودة من قبل . فكانت النتيجة أن الأطباء يمكن أن يشخصوا المرض ، ولكنهم يفشلون في اكتشاف السبب الذي لا يمكن أن تكشف عنه سوى معرفة المريض الشخصية ، أي تلك التي كان يملكها طبيب العائلة على الطريقة القديمة ، فضلا عن ذلك ، يمكن لكثرة الآلات التي يكره المرضى على احتمالها ، أن تجعلهم يشعرون بأنهم آلات يتفحصها مهندسون ، وردا على هذه الهواجس قامت مدارس الطب بإحداث تغييرات في تعليمها ، إذ يستفيد الأطباء العموميون من معونة مستشارين مدربين لتخفيف

الصددمات التي تكمن وراء بعض أعراض مرضاهم ، كما تستخدم المستشفيات مرشدين اجتماعيين وأطباء مدربين على العمل الاجتماعي لاكتشاف بعض المحن التي مربها مرضاهم في تاريخ حياتهم الشخصية . وهذه التدابير تسير بطريقة ما نحو استعادة التوازن بين الطب القديم والطب الحديث . ولكن تبقى هناك حالات تمتنع عن الاستجابة للمعالجة العلمية ، ويمكن في بعض الأحيان شفاؤها (أو تسكينها) عن طريق الإيمان .

العلم والطاقة

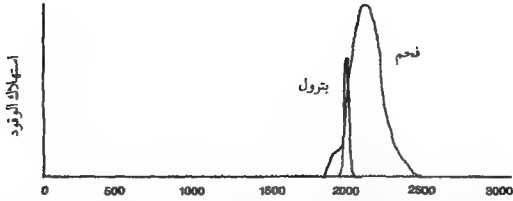
مصادر الطاقة

تقوم حضارتنا على طاقة رخيصة من الفحم الحجري والبتترول والغاز الطبيعي . وهذه كلها يمكن تحويلها بسهولة بقصد الاستعمال الذي يزداد معدله باستمرار (الشكل ٢٤) . كما أن الفحم والبتترول قد صنفا من المواد



٢٤- الطلب العالمي على الطاقة ومتوسط المخزون الممكن لكل نوع منها (الفترة ١٩٨٠-٢٠٠٠) باستثناء الاتحاد السوفييتي وأوروبا الشرقية والصين .

Source: U.S. Department of Energy Information Administration, Annual Energy Outlook, 1984. DOE/EIA-0383 (84).



٢٥- المدة المتوقعة لدوام الوقود الأحفوري بين عامي صفر و ٣٠٠٠ ميلادي لتحميل البترول والغاز الطبيعي أكثر من برهة في تاريخ الإنسان .

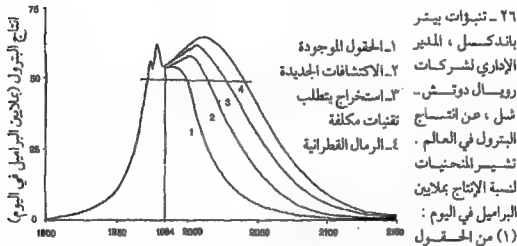
Source: Sir George Porter, president of the Royal Society, London.

الأولية لكثير من أساسيات الحياة العصرية التي تنتجها الصناعة الكيماوية . ولكن كم ستدوم هذه المواد؟ يتضح من الشكل (٢٥) أن وفرتها لا تشير إلى أكثر من برهة في تاريخ الإنسان .

يزودنا البترول اليوم بنصف الطاقة اللازمة للعالم تقريبا ، ونرى في الشكل (٢٦) تقديرا حديثا لإنتاج العالم من البترول في المستقبل ، أعده السير بيتر باكسندل ، المدير الإداري لشركات رويال دوتش - شل . وبحسب ما توصل إليه ، يمكن لمعدل الإنتاج الحالي أن يظل ثابتا على ٥٠ مليون برميل يوميا تقريبا من بترول المكامن المعروفة حاليا وبترول تلك التي ستكتشف حتى عام ٢٠١٥ . وتتوقف المخزونات الإضافية على تحسين وتعزيز الاستخراج من الحقول الحالية التي لا يمكن حاليا استخراج أكثر من ثلث بترولها ، لأن سحب الباقي يتطلب تقنيات أخرى ، كضغطه بالآزوت أو بثاني أكسيد الكربون أو البخار ضغطا عاليا ، وهي كلها غير اقتصادية بالأسعار الحالية ، كما تتطلب سنوات من البحث والاختبارات الرائدة قبل أن يكون بالإمكان تطبيقها بصورة عادية في الحقول ، ويصح هذا القول أيضا على استخراج البترول من الرمال القطرانية(*) التي يوجد منها احتياطيات واسعة في ألبيرتا بكندا^(٦٥) ، ولو أمكن استخراج البترول من جميع هذه المكامن بأسعار معقولة لأمكن لمخزونها أن تستمر في البقاء طوال حياة أحفادنا ، إلا أن استمرارها فترة أطول من ذلك يتطلب تكاليف باهظة .

. tar sands (#)

يوفر الغاز الطبيعي اليوم للعالم خمس حاجته تقريبا من الطاقة ، ولكن مصادره التي يؤخذ منها الآن ، كغاز بحر الشمال ، لن تعمر طويلا ، أما احتياطياته الكبيرة الموجودة في الشرق الأوسط وأفريقيا والاتحاد السوفيتي ، والتي لم تمس ، فسيكون نقله منها إلى أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية مكلفا جدا . ويوفر الفحم للعالم ربع حاجته تقريبا من الطاقة ، حيث يستخدم أكثر من نصف المستخرج من المناجم في توليد الكهرباء . ويوجد ٩٠ في المئة تقريبا من مناجم الفحم في أربعة بلدان فقط ، هي : دول الاتحاد السوفيتي السابق (٤٢ في المئة) والولايات المتحدة (٢٦ بالمئة) والصين (١٣ في المئة) وأستراليا (٦ في المئة) . وتحوي هذه الأماكن أكثر من نحو ٢٥٠ مرة من الفحم الذي أنتج عام ١٩٨٠ (١٦) .



الموجودة (٢) من حقول جديدة يرجح اكتشافها (٣) من الحقول الموجودة والجديدة التي يتطلب استخراج بترولها تقنيات جديدة مكلفة وغير اقتصادية بالأسعار الحالية . (٤) استخراج البترول المشرب في الرمال القطرانية والذي يكلف تكلفة غير اقتصادية بالأسعار الحالية ، وتوجد مكانته الكبيرة في ألبيرتا بكندا . يشير الخط الأفقي إلى الاستهلاك اليومي في عام ١٩٨٤ .

Source: Peter Baxendell, "Enhancing Oil Recovery - Making the Most of What We've Got", Transactions of Mining and Metallurgy 94A (April 1985): A84-A89.

تقدر احتياطيات العالم من الوقود الأحفوري بكمية تعادلها من الفحم مقدارها ٥,٥ ترليون طن . فلو استقر عدد سكان العالم عند ١٠ بلايين نسمة ، وظل معدل الاستهلاك اليومي للفرد على حاله ، لدامت احتياطيات النفط ٢٧٥ سنة . ولكن إسقاط الحاضر هذا على المستقبل

يفترض أن مستوى المعيشة في البلدان النامية لن يرتفع ارتفاعا كبيرا ، أما إذا حدث ذلك فسيستهلك المزيد من الطاقة وسيسير الوقود الأحفوري نحو النفاد بسرعة أكبر .

المفاعلات النووية :

لابد لنا لكي نحافظ على حضارتنا من أجل أحفادنا ، من أن نجد مصادر أخرى للطاقة ، ويمكن للوقود النووي أن يلبي حاجتنا المتزايدة للطاقة إلى أمد أبعد ، كما يساعدنا في الوقت نفسه على الاحتفاظ بالوقود الأحفوري الثمين . وهناك نوعان من المفاعلات النووية : الحراري ، والولود^(٩) السريع^(١٧) . وتستهلك المفاعلات الحرارية إما أورانيوم طبيعي يحوي ٣ ، ٩٩ في المئة أورانيوم ٢٣٨ (غير قابل للانشطار) ، و ٧ ، ٠ أورانيوم ٢٣٥ (قابل للانشطار) ، وإما أورانيوم طبيعي مخضب بأورانيوم ٢٣٥ . ويجب تزويد هذه المفاعلات بوقود إضافي ، لأن عدد نوى الأورانيوم ٢٣٥ القابلة للانشطار والمستعملة في العملية هو أكبر عدد النوى المكونة عن طريق أسر النيوترونات ، ولما كانت مصادر الأورانيوم في العالم محدودة ، لذلك يمكن أن تصبح إمدادات الأورانيوم ٢٣٥ نادرة في حياة أولادنا .

ويستولد المفاعل الحراري البلوتونيوم القابل للانشطار من الأورانيوم ٢٣٨ غير القابل للانشطار ، ولكن كمية البلوتونيوم التي يستولدها أقل من كمية الأورانيوم ٢٣٥ القابل للانشطار الذي يحرقه . أما المفاعل الولود السريع فعلى العكس : يستولد في الطبقة المؤلفة من الأورانيوم ٢٣٨ والمحيط به أكثر مما يحرق في قلبه (لبّه) . وهذا البلوتونيوم يمكن استخراجه واستخدامه في تزويد القلب بالوقود الإضافي أو في بناء مزيد من المفاعلات . ولما كانت المفاعلات الولودة السريعة تستعمل الأورانيوم ٢٣٨ غير القابل للانشطار وقودا لها ، فاستخدامها للأورانيوم الطبيعي أكثر فعالية من المفاعلات الحرارية بستين مرة . كما سيجعل تزويد العالم بالأورانيوم يستمر بالمقابل مدة أطول^(١٨) . ولكي يولد مفاعل كهذا كهرباء بطاقة ١٠٠٠ ميجاواط أي ما

(*) fast breeder .

يكفي مدينة صناعية يقطنها مليون إنسان ، لابد له من أن يحوي قلبا مكونا من خمسة أطنان من البلوتونيوم مخلوطة مع عشرين طنا من الأورانيوم ، ومحاطة بطبقة من الأورانيوم ، وهذا الأورانيوم الأخير يمكن أن يكون هو الوقود المستنفد في المفاعلات الحرارية التي استخرج منها البلوتونيوم . ومثل هذا البلوتونيوم متاح بوفرة حتى الآن .

يوجد في إنجلترا مفاعل ولود سريع حملته (*) القصوى ٢٥٠ ميجاواط ، وكان قد واجه بعض الصعاب ، التي تم التغلب عليها عند مطلع عام ١٩٨٤ . ومنذ ذلك الحين وهو يسير سيرا حسنا بحمولة تبلغ ٦٠ في المئة من طاقته . ولقد بدأت فرنسا في عام ١٩٧٦ بإنشاء مفاعل ولود (قرب مدينة ليون) استطاعته ١٢٠٠ ميجاواط سمي سوبر فنيكس . وفي عام ١٩٨٦ ربط بشبكة الكهرباء الفرنسية ، وهو يعمل الآن بكامل طاقته ، كما بنت ألمانيا الغربية مفاعلا كهذا بالاشتراك مع الشركات البلجيكية والهولندية ولكنه لم يرخص بعد . والجدير بالذكر هنا أن هذه المفاعلات وصفت بأنها «سريعة» لأنها تستخدم نترونات سريعة ، وليس لأنها تستولد البلوتونيوم بسرعة .

ومن المخاطر التي أدت إليها المفاعلات الولودة السريعة ، هي تجارة البلوتونيوم ، فهذا البلوتونيوم يصير سلعة دولية ، إذ يجب استخراجه بداية من الوقود المستنفد في المفاعلات الحرارية . وتكفي كيلوغرامات قليلة منه لتصنيع قنبلة ذرية ، في حين أن المفاعل الولود بحاجة إلى ٥ آلاف كيلوغرام أو أكثر . إن هذا الفرق يفتح الباب واسعا أمام إمكانية مرتبة ، هي أن يقع هذا البلوتونيوم بين أيدي الإرهابيين .

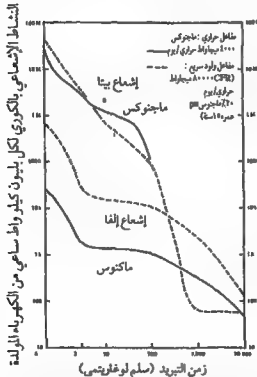
ثمة مخاطرة أخرى تشترك فيها المفاعلات الولودة السريعة والحرارية ، وهي النفايات النشطة إشعاعيا المتولدة في قلوبها وفي أغلفتها ، وليس سهلا تقدير حجم هذه المشكلة الهائلة . فالشكل ٢٨ يظهر الكمية المنتجة من النشاط الإشعاعي مقابل كل وحدة كهرباء متولدة وتفككها عبر السنين .

ومن المهم أيضا أن ندرك مدى ضخامة حجم هذه النفايات ، فعند كل مفاعل من المفاعلات الحرارية الكبرى في العالم ، يتراكم كل عام ١٠٠ متر مكعب من النفايات ، ففي عام ١٩٧٥ ، خزن ١٢ ألف متر مكعب من

. load (*)

النفائات الصلبة تحوي نصف طن من البلوتونيوم في المفاعل البريطاني في سسلافيلد . كما خزن هناك أيضا ٦٠٠ متر مكعب من النفائات السائلة ذات النشاط الإشعاعي المرتفع . ويتوقع للعام ٢٠٠٠ عشرة أضعاف هذه الكمية من النفائات .

لم تقرر بريطانيا خططا محددة للتخلص النهائي من النفائات ، فمع أنها وضعت بعض الحلول لذلك (منها مثلا أن تجمد النفائات في الزجاج ثم تدفنه في تكوينات صخرية مستقرة إما على الأرض أو في قعر البحر) إلا أن هذه الحلول مازالت خاضعة للنقاش . ولقد عبرت اللجنة الملكية لتلوث البيئة عن قلقها بشأن غياب حل مدروس دراسة وافية ، كما أوصت بأنه «لا يجوز الالتزام ببرنامج واسع لتوليد الطاقة من الانشطار النووي ، قبل أن يكون قد أثبت بما لا يقبل الشك أن هناك طريقة لتوفير احتواء آمن للنفائات المشعة الطويلة العمر إلى مدى مستقبل طويل غير محدد» . وقد عبرت اللجنة عن وجهة نظرها بأن هذه المسألة يمكن أن تحل ، ولكنها خلصت إلى أنها لا بد بحاجة إلى كثير من البحث قبل إيجاد الحل الصحيح الذي يقبله الرأي العام^(٢٩) . ولكن نصيحتها لسوء الحظ لم يؤخذ بها .



٢٧- يمثل هذا المخطط النشاط الإشعاعي الصادر من النفائات النشطة جدا إشعاعيا والتي تخلفها المفاعلات الحرارية والمفاعلات الولودة السريعة ، وذلك بعد إزالة ٩٩ بالمئة من الأورانيوم والبلوتونيوم ، وبعد ستة أشهر من تفريغها من المفاعل . وتظهر المنحنيات كيف تضعف النشاطات الإشعاعية مع الزمن . وقد مثل تضالو الإشعاعين ألفا وبيتا بمنحنيين منفصلين : حيث ماجنوكس هو مفاعل حراري مجرد بالغاز ، و CFR هو مفاعل ولود سريع تجربي في بريطانيا . مقياس الرسم لورغارية (أي تمثل التدريجات لورغارية القياسات وليس القياسات نفسها) .

Source: Sixth Report of the Royal

Commission for Environmental Pollution, Nuclear Power, and the Environment (Her Majesty's Stationery Office, Cmd. No. 6618, 1976).

أما في الولايات المتحدة فقد نظم مرسوم عام ١٩٨٢ ، الخاص بالتخلص من النفايات النووية المشعة ، طريقة آمنة لهذا الغرض . وقد كفلت هيئة التنظيم النووي (N.R.C.) الانصياع لهذا المرسوم الذي يطالب وزارة الطاقة بأن تعد قائمة قصيرة بالمواقع المختارة اختيارا علميا - ثلاثة في شرق نهر الميسيسيبي وثلاثة في غربه - حيث يمكن تخزين النفايات تخزينا آمنا مدة عشرة آلاف سنة . ولكن قرار الكونغرس تجاوز حديثا هذا المطلب ليتخذ من جبال يوكا في صحراء نيفادا ، الموقع الأول في البلاد المخصص لحزن النفايات النووية ذات النشاط الإشعاعي العالي . ولكن هذا القرار أثار مباشرة احتجاج الجهات الرسمية في المنطقة^(٧٠) .

يوجد في العالم كله اليوم ، تبعا للوكالة الدولية للطاقة الذرية ، ٣٩٧ مفاعلا نوويا تتجاوز طاقتها القصوى ربع مليون ميغاواط ، وتقدم ١٥ بالمئة من كهرباء العالم ، وخمسة أضعاف كامل الكهرباء المتولدة في بريطانيا وفرنسا مجتمعين ، ويوجد في الولايات المتحدة ٨٨ محطة طاقة نووية تنتج سدس الكهرباء لديها . أما في ألمانيا الغربية فثلث الكهرباء مولد بالطاقة النووية ، وفي بريطانيا الخمس وفي فرنسا الثلثان ، وتأمل فرنسا أن تحصل من الوقود النووي بحلول عام ٢٠٠٠ على ٨٠ إلى ٩٠ في المئة من انتاج الكهرباء المتزايد لديها . وسبب تصميمها على هذا البرنامج هو افتقارها للغاز الطبيعي والبتترول ، وأن ما عندها هو القليل من الفحم ، وأنها البلد الأكثر تقدما في الطاقة النووية^(٧١) . وتتبع اليابان هذه السياسة نفسها لأنها في وضع مماثل .

ومنذ عام ١٩٨٢ أخذ توليد الكهرباء الصافي في الولايات المتحدة بالنمو بمعدل متوسطه ٦ ، ٢ في المئة في السنة ، علما أن أكثر من نصف كهربائها يأتي من الفحم ، الذي لايزال رخيصا ومتوافرا (الجدول ٥) ، وأخذ إسهام الطاقة النووية بالارتفاع بمعدل متوسطه ١٠ في المئة في السنة ، أي أسرع بأربع مرات تقريبا من ارتفاع التوليد الكلي للطاقة^(٧٢) ، فأكثر من نصف قدرة التوليد الجديدة التي أضيفت في عام ١٩٨٦ كانت نووية . وكان من المتوقع أن يرتفع إسهام الطاقة النووية حتى عام ١٩٩٠ من السدس إلى الخمس ، مع بقاء إسهام الفحم على حاله وأن يتناقص إسهام البتترول والغاز قليلا إلى ١٥ في المئة^(٧٣) ، ولا يوجد المزيد من محطات الطاقة النووية قيد البناء .

كارثة تشيرنوبل :

لقد هزت كارثة تشيرنوبل ثقة الجمهور بالطاقة النووية . فكيف حدثت ؟ هل يمكن أن تحدث كارثة مماثلة في أوروبا الغربية أو في أمريكا؟ ما هي الحجج المؤيدة لمختلف مصادر الطاقة والحجج المعارضة لها الآن؟ وما الذي سيترتب على التخلي عن الطاقة النووية؟

الجدول ٥ - مصادر الطاقة لتوليد الكهرباء في الولايات المتحدة

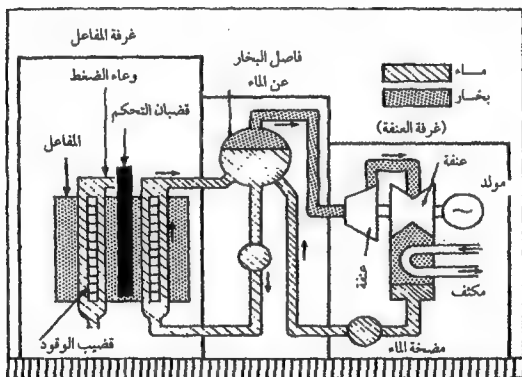
المصدر	النسبة المئوية للإسهام	النسبة المئوية للإسهام بالنسبة لقدرة التوليد الجامدة عام ١٩٨٦
الفحم	٥٥,٧	٤٤,٠
النووية	١٦,١	٥٢,٦
مساقط المياه	١١,٧	
الغاز	١٠,٠	
البترول (يتضمن البترول وفحم الكوك)	٥,٥	٣,٤
مصادر أخرى (من ضمنها حرارة باطن الأرض والأخشاب والرياح والطاقة الشمسية)	٠,٥	
المصادر كلها	٢٤٨٧٣١٠ جيجاواط ساعي	١١٠٤٨ ميجاواط

المصدر : U. S. Department of Energy, Energy Information Administration, Electric Power Annual 1986, U. S. Department of Energy, Energy Information Administration, Annual Energy Outlook, 1984, DOE/ EIA - 0383.

ويرد سبب كارثة تشيرنوبل إلى التصميم الخاطئ والتدريب الضعيف والإهمال الشديد من قبل الموظفين ، الذين نفذوا سلسلة من العمليات التي من الواضح أنها ممنوعة ، والتي زاد من أثرها عدم الأخذ بالتحكم

الأكسي الآمن ، الذي كان مسيقوق عمل المفاعل عندما فقدت العنقات ضغط البخار .

إن تصميم المفاعل الروسي بسيط من حيث المبدأ ، فهو يحوي قضباناً من أكسيد الأورانيوم تبطئ نتروناتها قضبان من الجرافيت . فيسخن التفاعل النووي هذه القضبان إلى ١٢٠٠ درجة مئوية . ويتم تبريد نوعي القضبان بماء مضغوط ، فيتحول إلى بخار يدير العنقات حين ينخفض ضغطه^(٧٤) (الشكل ٢٨) . كما تلتطف شدة التفاعل النووي بوساطة قضبان من (البور)^(*) تنزل إلى أعماق مختلفة بين قضبان الأورانيوم والجرافيت ، والمفاعل كله محاط بواق معدني لم يكن مانعا لتسرب الضغط ، لا هو ولا البناء المحيط به .



٢٨- مخطط محطة الطاقة النووية في تشيرنوبل .

Source: "Shutting the Stable Door", Nature 223 (1986): 28.

ومنذ بضع سنوات فكرت الحكومة البريطانية في إنشاء مفاعل مماثل ، ماعداً أنه كان من المقرر استخدام الماء الثقيل بدلاً من الجرافيت لإبطاء النترونات . وعندما فحص المهندسون البريطانيون التصميم السوفيتي ليروا

(*) أو البورون boron .

ماذا يمكن أن يستفيدوا منه ، وجدوا أنه يعاني عدة نقاط ضعف ، وكان أخطر هذه النقاط هو أن يؤدي تشكل فقاعات البخار عرضا في ماء التبريد إلى ارتفاع تدفق الطاقة ، الأمر الذي سيرفع درجة الحرارة ويولد مزيدا من فقاعات البخار . ولكن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى جعل الوقود النووي أقل فعالية ، مما يبطئ خروج الطاقة ، فهذه الخاصية بحد ذاتها لا تجعل المفاعل غير آمن ، وهي تعرف بمعامل الفراغ الموجب^(٥) . ففي حالة المفاعلات المصممة تصميمًا جيدا ، يضمن ذلك التناقص الطبيعي الطبيعي في الفعالية سلامة المفاعل بأن يوازن معامل الفراغ الموجب .

ولابد أن هذا التوازن كان يحدث في المفاعل الروسي ضمن شروط تشغيل طبيعية ، ولكن حين كان المفاعل يعمل بأقل من خمس طاقته القصوى صار معامل الفراغ الموجب كبيرا لدرجة أن الهبوط الطبيعي في طاقة المفاعل ، مع ارتفاع درجة حرارته ، لم يعد بمقدوره أن يوازن بسرعة تأثير هذا المعامل ، فخرجت الطاقة خلال ثوان عن دائرة التحكم . وبما أنه لم يكن في المفاعل مزايا هندسية تمنع تشغيله بهذه الطريقة الخطرة ، فقد أعطي المشغلون تعليمات صارمة جدا بالآلا يتركوه يصل إلى هذه الدرجة . وفي اجتماع الوكالة الدولية للطاقة الذرية في فيينا ، الذي تلا هذا الحادث ، قال الأكاديمي أ . ليجاسوف أن جورباتشوف نفسه ، بكل ما يملك من سلطة ، ما كان يسمح له بتجاوز هذه التعليمات ، لكن عمال التشغيل تجاهلوا تماما ، الأمر الذي أدى إلى الحادث . وقد روى ليجاسوف أن القرار بعدم وضع نظم أمان تلقائية في المفاعل تمنع حدوث ظروف التشغيل الخطرة ، كان قد اتخذ في بداية السبعينيات عندما اعتبر المهندسون الروس أن التجهيزات المتاحة كانت أقل موثوقية من المشغلين . وقد سلم ليجاسوف بأن ذلك القرار كان «خطيئة نفسية هائلة» ، لأنه ما من أحد توقع أن يصبح المشغلون متهاونين لدرجة أن يفقدوا كل إحساس بالخطر^(٧٥) .

أما في مفاعلات الضغط الغربية ، فلما أن تخفض فقاعات البخار تدفق الطاقة قليلا ، وإما أن ترفعها قليلا بحيث يظل المفاعل خاضعا للتحكم ، وإذا

. positive void coefficient (#)

طراً حادث دفع قضبان البور خارجاً(*)، وازن المفاعل عندئذ ارتفاع تدفق الطاقة الحاصل وأعاد إخضاعه للتحكم . وقد صممت المفاعلات البريطانية بحيث تكون مزودة بوسائل اللجم الأمن كي يؤدي أي خطأ في التشغيل إلى توقف هذه المفاعلات . كما لا يمكن إزاحة جميع قضبان البور دفعة واحدة ، كما فعل الروس قبل الحادث ، حتى ولا يمكن إزاحتها بسرعة . ولكن يجب على كل حال أن يكون إدخالها بسرعة ممكناً ، وإذا أخطأ المشغلون في التعامل مع قضبان التحكم ، توقف المفاعل . إن وسائل المراقبة في المفاعلات الغربية تشير على الفور إلى أي تصرف غير طبيعي ، فتعطي المشغلين الوقت لكي يوقفوا المفاعل ويبردوه ، في حين أن مؤشرات وجود تصرف غير طبيعي في المفاعل الروسي كان من المفروض أن تقرأ بعد خروجها مطبوعة حاسوبياً .

ثم إن المشغلين في غرفة المراقبة يعطون في الغرب معلومات مدروسة بكل عناية ، والمفاعل مصمم بطريقة لا تفرض على هؤلاء أن يتخذوا قرارات متسرفة ، هذا عدا أنهم مؤهلون تأهيلاً عالياً ويتبعون مقررات منتظمة معززة لمعلوماتهم وتتضمن تدريباً على محاكاة للمفاعل . وقد صادق الروس في فيينا على أنهم لم يكونوا قد وعوا أهمية هذه الميزات في التصميم ، وعلى أن تدريب المشغلين عندهم لم يكن كافياً . وعلى ما يبدو أنهم لم يكونوا يملكون محاكاة . وأخيراً ، إن المفاعلات الغربية محاطة بغلاف خرساني مصمم بحيث يمنع أي تسرب إشعاعي عرضي .

ولقد أسست بريطانيا أيضاً ، على إثر حادث خطير وقع في المفاعل العسكري في ويندسكيل عام ١٩٥٧ ، مفتشية للأمن النووي لتكون مستقلة عن الصناعة النووية ، ولا تأذن هذه بإنشاء أي محطة طاقة نووية لا توفر هذه التدابير الأمنية الحيوية . وتفرض المفتشية أن يكون احتمال أن يقع حادث رئيسي يؤدي إلى تسرب خطير في الإشعاع ، أقل من حادث واحد في ١٠ ملايين سنة من سنوات المفاعل(**) . وهذا المستوى من الأمان مطبق في فرنسا وألمانيا الغربية والسويد واليابان .

(*) إن قضبان البور هي التي تساعد على التحكم بسرعة التفاعل . لأن إزالتها إلى داخل المفاعل يؤدي إلى تهدئة التفاعل ، كما يؤدي رفعها خارجة إلى زيادته .
 (**) reactor years .

حادث جزيرة ثري مايل أيلاند :

إن تصميم مفاعل جزيرة ثري مايل أيلاند يختلف عن تصميم مفاعل تشيرنوبل ، لأن له نظامين منفصلين لدوران المياه : الأولي ، وهو الذي ينقل الحرارة من المفاعل إلى مبادل حراري ، والثاني هو الذي يرفع الحرارة ليولد البخار الذي يدير العنفات الكهربائية . وقد بدأ الحادث عندما توقفت إحدى المضخات التي تدير هذه الدارة الثانوية . ونظرا للصيانة غير السليمة وسوء الإجراءات المطبقة ، لم تعمل المضخة الاحتياطية لتحل محلها آليا . فأدى ارتفاع درجة الحرارة في دارة المياه الأولية إلى التوقف الآلي للتفاعل الانشطاري المتسلسل ، وهكذا لم يحدث قط جیشان في الطاقة كما حدث في تشيرنوبل ، لأنه : نتيجة لإخفاق المضخة ، أصبح الماء في الدارة الأولية حارا جدا وارتفع ضغطه ، مما أدى إلى فتح صمام آلي خفف من الضغط . وبدلا من أن يغلق الصمام عندما خف الضغط ، ظل مفتوحا . وكانت الأدوات مصممة بحيث تشير إلى أنه مغلق ، ولكنها لم تشير فيما إذا كان مغلقا فعلا . فتنسرب الماء ذو النشاط الإشعاعي الضعيف عبر الصمام المفتوح إلى حوض تخزين معزول . ومن هناك ضخ آليا إلى الفضاء المكشوف ، وكان هذا هو الشيء الوحيد المشع الذي أفلت نتيجة للحادث . وقد وجد فيما بعد أنه لم يكن ذا أهمية تذكر .

على أن هناك أموراً سارت آنذاك في هذا المفاعل سيرا خطرا . فقد أطلق فقدان ماء التبريد من الدارة الأولية آلية الطوارئ لتزويد قلب المفاعل بماء التبريد ، ولكن المشغلين لم يفهموا ما الذي كان يحدث ، فأغلقوا سكر الماء . وقد أدت بعدئذ سلسلة قرارات خاطئة اتخذها العمال إلى بقاء القلب غير محاط بماء التبريد لما يقرب من ساعتين ، بحيث تفككت أقراص الوقود إلى كسارة وأفلتت نواتج الانشطار داخل قلب المفاعل . وفضلا عن ذلك فقد اتحد غلاف قضبان الوقود المصنوع من الزركونيوم مع بخار الماء . وهذا التفاعل نتج منه غاز الهيدروجين الذي أخذ يلتهب ، ولكن النار توقفت لحسن الحظ لعدم وجود أوكسجين ، فلم يحدث انفجار . وفي التقرير الذي رفع إلى رئيس الولايات المتحدة ، عزي هذا الحادث بصورة رئيسية إلى الفهم

المنقوص لدى المشغلين وإلى ضعف الإدارة عند شركة الكهرباء ، ولكن كانت هناك أيضا أخطاء في التصميم . ولقد كان تفكيك المفاعل المعطوب الشديد الإشعاع ، مهمة بالغة التعقيد ولا تزال غير مكتملة . كما أدى هذا الحادث إلى تعديلات مهمة في التصميم وتشديد صارم على إجراءات التشغيل بالنسبة للمفاعلات النووية الأمريكية .

وقد رخصت هيئة التنظيم النووي في الولايات المتحدة منشآت مدنية نووية ، لأن الهيئة مخولة بموجب مرسوم الطاقة النووية بأن تتولى بنفسها أمر التحقق «من أن المفاعلات التي تستعمل مواد نووية مصممة تصميمًا آمنًا ومبنية ومدارة بشكل يضمن عدم تعرضها لمخاطر التسرب والحوادث» ، وأن الجمهور محمي «من المخاطر التي يمكن أن تصدر عن تخزين المواد النووية واستعمالها ونقلها» . وتستخدم الهيئة بضعة آلاف من الرجال ، ولديها ميزانية تتجاوز ٤٠٠ مليون دولار ، وهي تصدر تراخيص لبناء محطات كهرباء تعمل على الطاقة النووية ، وتضع تنظيمات ومعايير وتعليمات تتعلق بطرق تشغيلها . وتقوم حملات تفتيش للتأكد من الإذعان لتنظيماتها . كما تقوم بأبحاث حول الأمان ومشكلات البيئة ، ولديها أيضا لجنة مستشارين مكونة من خمسة عشر عالما ومهندسا يقومون بفحص جميع الطلبات الخاصة ببناء أو تشغيل محطات كهرباء تعمل بالطاقة النووية ، ويقدمون التوصيات بشأنها ويأشرون قضايا السلامة المرتبطة بها^(٧٦) .

ولقد دفعت مخاوف الجمهور من الطاقة النووية عددا من الأحزاب السياسية في أوروبا الغربية إلى المطالبة بإغلاق محطات الطاقة النووية . فيا ترى ماذا يمكن أن يكون لهذه السياسة من تأثيرات فينا وفي الأجيال القادمة ؟ لقد نظرت مؤخرا لجنة تابعة لمجلس اللوردات في هذا الموضوع^(٧٧) ، وكانت مكونة من خمسة عشر عضوا ، بينهم بيولوجيان وصحفي ومحام ورئيس سابق لمجلس صناعة الفحم المؤممة ومهندس كيميائي واحد وعضو سابق في سلطة الطاقة الذرية ، ومدير حالي لأحد مصانع الطاقة النووية في ألمانيا الغربية . أما الأعضاء الآخرون فكانوا أشخاصا عاديين لهم اهتمام بأعمال بعيدة جدا عن الصناعة النووية . وقد ترأس اللجنة الفيزيكون تورنجتون وهو رجل عادي أيضا . وفي واقع الأمر كان هناك عضو

واحد يملك حصة مالية في الصناعة النووية أو أنه كان يحمل بسبب مهنته رأياً مسبقاً مؤيداً لها .

ولقد استمعت اللجنة إلى شهود من عدة فروع للصناعة النووية : من بريطانيا ومن ألمانيا الغربية ومن فرنسا ومن السويد ، وكذلك من كبار المعارضين البريطانيين للطاقة النووية الذين يسمون أصدقاء الأرض . وقد خلصت موقف هذه الفئة من الصناعة النووية إفادات أحد الشهود : «إذا كنا غير مقتنعين بأمانها ، فلا يمكن استعمالها مهما كانت النتائج الاقتصادية . . . ولو كان هناك اعتقاد بأن من الممكن حدوث كارثة واحدة (مثل تشيرنوبل) في مكان ما من العالم كل عشر سنوات ، أو حتى مرة في القرن ، لكنوا قلة هؤلاء الذين يترقبون أحداث المستقبل برباطة جأش» (٧٨) .

وكانت الحكومة السويدية قد وعدت بالتخلص من مولدات الكهرباء النووية ، مع أن نصف كهربائها اليوم نووية ، وعندما سألت لجنة مجلس اللوردات ممثل السويد ما الذي سيحل مكان هذا النصف لم يحر جواباً . ويعارض الشعب السويدي أي زيادة في عدد محطات الطاقة العاملة بالفحم ، لأنها ستزيد تلوث البحيرات بالمطر الحمضي ، واستبعد البرلمان عملياً إنشاء المزيد من السدود لتوليد الكهرباء بطاقة الشلالات المائية . كما أن السويد ليس لديها ما يكفي من ضوء الشمس لإنتاج طاقة كهربائية معقولة منه . ومن المؤكد أنه يمكن اقتصاد بعض الطاقة ، ولكن ليس خمسين بالمئة منها . فلم يبق من حل سوى تخفيض مستوى المعيشة . ولكن ذلك سيسبب بطالة قاسية ولن يكون مقبولا من الناحية السياسية . لذلك يخامرني شعور بأن الحكومة السويدية لن تكون قادرة على الوفاء بوعدها .

ولقد خلصت لجنة مجلس اللوردات إلى «أن قرارا حول مستقبل الصناعة النووية ، ليس مجرد قرار مع الطاقة النووية أو ضدها ، فاتخاذ قرار مضاد للطاقة النووية يعني لا محالة قرارا لمصلحة بعض الوسائل الأخرى لتوليد الكهرباء . ولكن لا المملكة المتحدة ، ولا الجماعة الأوروبية ولا العالم بأسره يمكن أن يتخلى ببساطة عن الكهرباء التي تأتيه من مصادر نووية . لذلك يتطلب هذا القرار الموازنة بين محاسن مختلف المصادر ومساوئها» (٧٩) . ولقد اعتاد الناس على الحياة الرغدة المزودة بكهرباء رخيصة بحيث يصعب عليهم

أن يتخيلوا كم هي قاسية الحياة من دونها . ففي شتاء عام ١٩٨٧ مثلاً كانت الطاقة في رومانيا شحيحة لدرجة أن الحكومة منعت تدفئة المكاتب وشقق السكن إلى أكثر من ١٢ درجة مئوية ، فكان أمرا لا مفر منه أن يفقد العديد من المسنين حياتهم .

أمان محطات الطاقة النووية :

تعتقد لجنة مجلس اللوردات أن تطبيق أعلى معايير الأمان عند تصميم منشآت الطاقة النووية وبنائها ، وعند تدريب العاملين فيها ، سيجعل من الممكن حتما تشييد مثل هذه المنشآت وتشغيلها بطريقة تخفض عمليا إلى الصفر من إمكانية حدوث كوارث . ومع أن مستوى معايير الأمان مرتفع جدا الآن ، إلا أنه يجب أيضا بذل أي جهد ممكن آخر لرفعها أكثر ، لأننا حين نواجه ضرورة اتخاذ قرار بين الأقل كلفة والأكثر أمانا ، لابد أن نختار دائما الأكثر أمانا .

لقد صار أمان محطات الطاقة النووية مشكلة دولية . فالصناعة النووية لن تزدهر إلا حين تكون معايير الأمان في أعلى مستوى لها في أي مكان . لذا تحبذ اللجنة اتفاقا دوليا حول مشكلات الأمان في المفاعلات : التخطيط والإنشاء والتشغيل والتدريب وقواعد الأمان . ولكي يكون هذا الاتفاق فعالا ، لابد من ملاحقة التقيد به من قبل هيئة تفتيش دولية تكون لها على الأقل سلطة الوكالة الدولية للطاقة الذرية التي تراقب التقيد بشروط معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية .

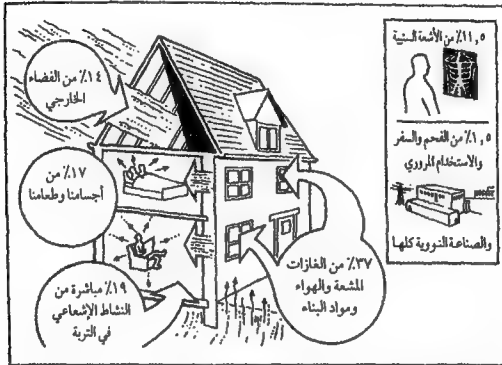
لدي انطباع بأن الأوروبيين الغربيين شديدا قلقوا بشأن أمان منشآت الطاقة النووية عندهم . فعلى موظفي هذه المنشآت أن يتجنبوا أي خرق للتدابير الأمنية ، حتى إن لم يكن له تأثير على الأمان في هذه المنشآت ، ذلك أنه سيثير ضجة لدى الجمهور . ففي المملكة المتحدة تضمن هيئة تفتيش خاصة بالأمان ، مستقلة ماليا وسياسيا ، التقيد الصارم بهذه التدابير . وبالمقابل تثبت أحداث كارثة تشيرنوبل الأخطار التي تمثلها الصناعة النووية

في ظل حكم شعولي ، حيث النقد مكبوت والتجاوزات أسرار مكتومة .
وثمة أيضا شكوك في أن لدى شركات الكهرباء الخاصة التي تشغل
منشآت نووية في الولايات المتحدة ، وسائل تقنية ومالية كفيلة بتوفير
أقصى درجات الأمان .

وحتى لو أمكن استبعاد احتمال حدوث كارثة أخرى ككارثة تشيرنوبل ،
فالناس قلقون من أن النشاط الإشعاعي المتسرب من منشآت الطاقة النووية
وهي تعمل بصورة عادية ، يمكن أن يزيد من حدوث السرطان والأمراض
الوراثية . ولكن هذه المخاوف لا أساس لها من الصحة ، لأن النشاط الإشعاعي
المنبعث من منشآت الطاقة النووية لا يشكل أكثر من جزء صغير جدا من
النشاط الإشعاعي الطبيعي الذي يتعرض له كل منا . وقد يستغرب أن التربة
تحتوي عادة كميات كبيرة من العناصر المشعة . فالتر المكعب من تربة حديقة
إنجليزية تحوي وسطيا ١٧ كيلوغراما من البوتاسيوم ، منها غرامان من
البوتاسيوم ذي النشاط الإشعاعي ، إضافة إلى ١٥ غراما من الثوريوم و٥
غرامات من الأورانيوم ، والفحم أيضا يحوي أورانيوم .

وهكذا تنشر محطات الطاقة المعتمدة على إحراق الفحم ، سنويا ما يقرب
من ١٢٠ طنا من الأورانيوم في رمادها وفي الجو . ويظهر (الشكل ٢٩)
الإشعاع المسلط علينا من مصادر مختلفة . إن السفر جوا على ارتفاعات
عالية ، والصناعات كلها بما فيها منشآت الطاقة النووية ، لا تسهم بأكثر من
١ ، ٥ بالمائة ، في حين أن الـ ٩٨ ، ٥ بالمائة الباقية تأتي من مصادر طبيعية لا
يمكن تجنبها . ويوجد اليوم ، من بين كل مليون وفاة ، ٥٠ ألفا ناتجة عن
السرطان . وعلى الأرجح أن ٢٠٠ من هذه الحالات ناجمة عن الإشعاع ، و٣
فقط منها ناجمة عن السفر جوا على ارتفاعات عالية أو عن الصناعة .
وبشكل عام فإن خطر السرطان الناجم عن مجمل الإشعاع الذي نتعرض له
يومية لا يتجاوز خطر استنشاق منتظم لخمس نفثات من سيجارة مرة في
الأسبوع^(٨٠) . على أن خطر السرطان في المنازل المبنية على صخور ذات
نشاط إشعاعي عال ، يمكن أن يكون أعلى بكثير ، وفق ما وجد حديثا في
بعض مناطق الولايات المتحدة . وعلى ما يبدو فإن مئات الآلاف يعيشون
فوق مثل هذه الصخور في أمريكا ، ويتلقون بانتظام جرعات سنوية من

الإشعاع يمثل شدة تلك التي تلقاها الناس الذين كانوا يعيشون بالقرب من مفاعل تشيرنوبل بعد انفجاره (٨١) .



٢٩- مصادر الإشعاع التي تتعرض لها باستمرار : إن ما يقرب من جزء من سبعين فقط يأتي من الصناعة بما في ذلك الصناعة النووية .

Source: Walter Marshall, "Tizard Lecture", Atom June 1986. 1-8

حديثاً نشر المكتب البريطاني للإحصاءات السكانية والدراسات الاستطلاعية تقريراً بعنوان «الإصابة بالسرطان والوفيات في جوار المنشآت النووية في إنجلترا وويلز (بلاد الغال) ١٩٥٩ - ١٩٨٠» ، تعرض فيه عالم الأوبئة ريتشارد دول وزملاؤه في جامعة أوكسفورد إلى تحليلات إحصائية لخصوا نتائجها على النحو التالي :

«إن هذه البيانات تظهر بصورة قاطعة أنه لم يحدث تزايد عام في وفيات السرطان في جوار المنشآت النووية خلال ٢٢ عاماً ، بدأت بعد عدة سنوات من افتتاح هذه المنشآت التي أطلقت أضخم كمية من الإشعاعات النووية إلى البيئة . وعلى العكس فقد كانت الوفيات الناتجة عن السرطان في مناطق الإدارة المحلية في جوار المنشآت النووية ، أقل نسبياً من تلك في مناطق الإدارة

المحلية التي اختيرت للمقارنة بسبب شبهها بالمناطق الأولى . ومن غير المرجح أن ترد هذه الحقيقة إلى تأثير واق للإشعاعات المؤينة ، بل توحى بأنه على الرغم من الجهود التي بذلت لاختيار مناطق شاهدة يمكن مقارنتها بالمناطق الأولى ، فقد كانت هناك فروق بين السكان تتعلق بخطر الموت من هذا النوع أو ذاك من أنواع السرطان ولا علاقة لها بالمنشآت .

وقد أوحى الفحص الدقيق لأنواع السرطان القليلة ، التي كانت نسبيا هي الأكثر شيوعا في مناطق المنشآت ، بأن عددا من الفروق كان على الأرجح نتيجة للمصادفة أو لالتباس في التشخيص أو لعوامل اجتماعية أكثر مما هو نتيجة لأي خطر مرتبط بوجه خاص بالمنشآت . على أن مرضا واحدا قد يكون استثناء محتملا : أعني به اللوكيميا (ابيضاض الدم) (*) في فئة الذين تقل أعمارهم عن ٢٥ سنة . وهناك مرضان آخران يحتاجان إلى مزيد من التمهيد : سرطان نقي العظام (multiple myeloma) ومرض هودجكين عند فئة من هم أكبر سنا ، أي بين ٢٥ و ٧٤ سنة . ولكن زيادة معدل الوفيات المسجل نتيجة هذه السرطانات لم تكن كبيرة ، كما لا يزال من الضروري إثبات أنها ليست ناجمة عن خلط عام سببته عوامل أخرى بيئية أو اجتماعية اقتصادية (٨٢) .

إن ازدياد معدل الإصابة باللوكيميا بين فئة الذين تقل أعمارهم عن ٢٥ سنة ، ناجم عن ارتفاع عدد الوفيات بهذا المرض أربع مرات بين الأطفال الذين هم دون العاشرة من العمر ، والذين كانوا يعيشون بالقرب من المنشآت التي بنيت قبل عام ١٩٥٥ ، ولكن هذا قد يكون عرضيا ، لأن التوزيع الجغرافي لحدوث اللوكيميا غير منتظم ، كما أن أسباب ظهور هذه الزيادة في مناطق أخرى مازالت مجهولة . ثم إنه لم تظهر زيادة في اللوكيميا بين الأطفال الذين يعيشون بالقرب من المنشآت النووية التي أنشئت من ذلك الحين ، ومع ذلك ظهر مؤخرا تقرير عن ست حالات لوكيميا عند أطفال كانوا يعيشون بالقرب من مركز إعادة معالجة نووية في إسكوتلندا ، ولكن هذه الحالات مازالت من دون تفسير .

(*) وهو نوع من أنواع سرطان الدم .

بدائل الطاقة النووية :

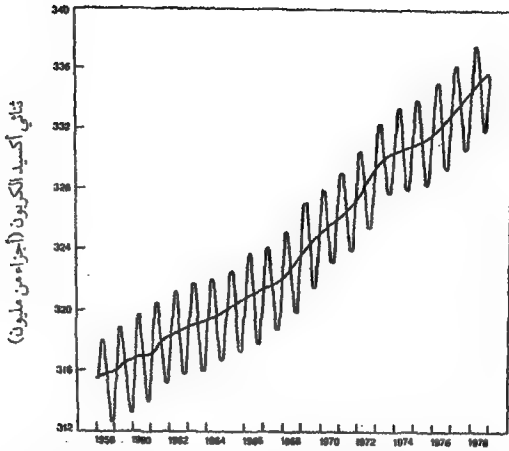
هل يمكن ، على الأقل ، التخفيف من مخاطر الطاقة النووية باستثمار مصادر بديلة للطاقة ، حتى لو كان مخزونها محدودا؟ إن البديل الأبرز هو الفحم ، ويملك العالم منه مخزونات هائلة ، كما يمكن تحويله إلى وقود غازي أو سائل ، وعندما كان الفحم يحرق من دون تدابير احتياطية خاصة ، باعتباره مصدر الطاقة الرئيسي ، بلغ التلوث بالدخان في مانشستر ، في بداية هذا القرن ، درجة من السوء جعلت أكثر من نصف عدد الأطفال مصابين بالكساح لندرة تعرضهم للشمس ، وصار يسقط على كل متر مربع كيلو غرام من الغبار في السنة . أما الآن فالهواء أكثر صفاء في بريطانيا ، أولا لأن استهلاك الفحم هبط إلى أكثر من نصف ما كان يستهلك عام ١٩١٠ ، وثانيا لأن أساليب الإحراق الحديثة خفضت من انطلاق الحبيبات الصلبة مع دخان الفحم - ربما إلى جزء من ١٠٠٠ مما كان معهودا . وأكثر الغازات إيذاء في دخان الفحم والبتترول هو ثنائي أكسيد الكبريت ، فالرياح تحمل الآن هذا الغاز من مداخن بريطانيا وباقي أوروبا إلى إسكتلندا ، حيث تقتل السمك في البحيرات والأنهار ، وفي البندقية يؤدي ثنائي أكسيد الكبريت المتولد من الصناعة في مستر Mestre المجاورة ، ومن محركات النقل عبر القنوات إلى تفتت واجهات الكنائس والقصور الجميلة ^(٨٣) . ومن الجائز أن يكون ثنائي أكسيد الكبريت وأكاسيد الأزوت سائرة في قتل الغابات في غربي ألمانيا . فما لم تُزل هذه المواد من دخان الصناعة وعادمات السيارات ، سيظل المزيد من إحراق الوقود الأحفوري يزيد من سيئات التلوث بثنائي أكسيد الكبريت وأكاسيد الأزوت . ولكن إزالة تلك المواد من عادمات السيارات ستزيد من تكاليف استخدامها . وفي الولايات المتحدة ، حيث الفحم رخيص ، يمكن أن تكون تكاليف إزالة هذه المواد من دخان محطات توليد الكهرباء العاملة على إحراق الفحم بسوية تكاليف الفحم نفسه . لذلك قد تمنح الحكومات في فرض هذه القيود ، ومع ذلك ، فإن هذه الممانعة يمكن أن تدل على عدم تبصر في الأمور .

يعد استخراج الفحم من مناجمه من أخطر الأعمال . فمن أصل ٢٣٢ ألف عامل منجم في بريطانيا قتل ٧٢ في الفترة ١٩٧٨-١٩٧٩ ولحق

أذى بالغ به - ٤٨٠ منهم ، وهذا معدل حوادث أعلى بما يقرب من عشرة أضعاف من وسطي الحوادث في الصناعة المنتجة للسلع . يضاف إلى ذلك أن تغبر الرئة (وهو مرض رئوي يسببه غبار الفحم) ساهم بموت أكثر من ٢٠٠ عامل منجم . ولكن هؤلاء كانوا جميعا رجالا استخدموا قبل عام ١٩٥٥ . ومنذ ذلك الحين أمكن تجنب هذا المرض كليا تقريبا نتيجة لإزالة الغبار إزالة فعالة^(٨٤) .

وعلى العكس من ذلك ، لا تسبب الطاقة النووية سوى تلوث وحيد هو تسخين المحيطات تسخيناً لا أهمية له مادامت النفايات المشعة مدفونة بأمان . والواقع أن الطاقة التي يستهلكها الإنسان بأكملها لا تسخن الكرة الأرضية بصورة مباشرة إلا بمقدار ضئيل . ولكن ثنائي أكسيد الكربون المنطلق من احتراق الوقود ، يهدد الأرض بتسخينها بصورة غير مباشرة . فم منذ عام ١٨٦٠ ، حين قيس محتوى الجو منه لأول مرة ، ارتفع هذا المحتوى بنسبة ١٩ في المئة (الشكل ٣٢) . وقد أخذ استهلاك الوقود الأحفوري مؤخراً بالارتفاع بنسبة ٢ في المئة في السنة . ولو ظل معدل هذه الزيادة على حاله حتى عام ٢٠٥٠ وظل الاستهلاك ثابتاً بعدئذ ، لأمكن لمحتوى الجو من ثنائي أكسيد الكربون أن يتضاعف حتى عام ٢٠٦٥ عما كان عليه عام ١٨٦٠ . أما لو ارتفع استهلاك الوقود بنسبة ٣ في المئة حتى عام ٢٠٢٥ وظل بعدئذ على حاله ، لأمكن بلوغ هذا التضاعف عند حلول عام ٢٠٤٠^(٨٥) . فما النتائج المترتبة على ذلك يا ترى؟

إن ثنائي أكسيد الكربون يمتص الحرارة المنبعثة من اليابسة والمحيطات ويعيد إشعاعها إلى الأرض . وقد دلت النماذج الحاسوبية للجو على أن مضاعفة محتواه من ثاني أكسيد الكربون سترفع متوسط الحرارة على الأرض من ١,٥ إلى ٣ درجات (الارتفاع الأكثر احتمالاً هو ٢,٨ درجة) . ولكن هذه الزيادة لن تكون موزعة بالتساوي . فأصغر ارتفاع (درجتان) سيكون في المدارين (قرب خط الاستواء) وأعلى ارتفاع (٩ درجات) في المناطق البعيدة عن خط الاستواء ، حيث سيطول فصل الزراعة ويتحسن الإمداد بالمياه . أما عند المناطق المعتدلة ، فسيؤدي نقصان الهطولات وزيادة الحرارة إلى الجفاف . وإذا كان الري كافياً ، أدت زيادة ثنائي أكسيد الكربون في الجو إلى



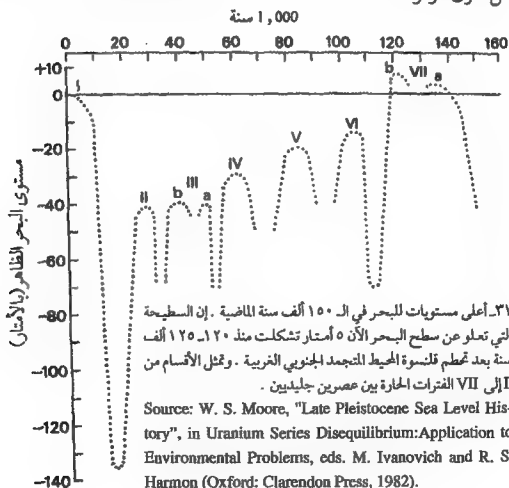
٣٠- نسبة ثنائي أكسيد الكربون في الجو ، في قمة جبل بهاولي ، مقدرة بأجزاء من مليون بين ١٩٥٨ و١٩٧٨ . ولنلاحظ أن التقلبات الفصلية ناجمة عن تزايد امتصاص النباتات لثنائي أكسيد الكربون في الربيع .

Source: Roger Revelle, "Carbon Dioxide and World Climate", Scientific American 247 (August 1982): 33-41.

تحسن نمو النبات ، لأنها تعجل التركيب الضوئي وتنقص من الماء الضائع . وفي المحيط المتجمد الشمالي قد تصبح المعابر المائية في الشمال الشرقي والشمال الغربي صالحة للملاحة .

ويدل ذلك كله على أن الإنسان يمكن أن يكيف نفسه مع تغيرات الطقس ، وأن بعض البلدان ستمستفيد أيضا من هذه التغيرات . ولكن ثمة خطر واحد عظيم ، فمستوى البحر يرتفع حاليا ٥ , ١ ملمتر في السنة ، ويعود ذلك جزئيا إلى تزايد كمية ثنائي أكسيد الكربون المنحل في البحر ، وجزئيا أيضا لتزايد ذوبان جليد المحيطين المتجمدين الشمالي والجنوبي . فلو أن قسما كبيرا من جليد المحيط المتجمد الجنوبي الغاطس حاليا تحت سطح

البحر تحطم وذاب ، لارتفع مستوى البحر بسرعة أكبر بكثير ووصل إلى مستوى يعلو عن مستواه الحالي بخمسة أو ستة أمتار . وهناك بلدان عديدة تشاهد فيها الآن سطوح terraces صخرية تعلو عن سطح البحر خمسة أمتار ، وفيها أحافير تثبت أن هذه السطوح كانت في أحد الأيام مغمورة بالماء . ومثل هذه السطوح عمرها ١٢٥ ألف سنة ، وهي ترجع إلى الفترة الأشد حرارة بين عصريين جليديين (الشكل ٣١) . وربما سيحتاج الأمر إلى مدة طويلة تقدر بمائتين إلى خمسمائة سنة لكي يحدث ذلك ثانية . ولكن البحر سيرتفع من ٢ إلى ٣ سنتيمترات بالسنة ، وهذا يكفي لأن تغمر بسرعة ، لا البندقية وحدها ، بل نيو أورليانز ولندن وهامبورغ وهولندا (البلاد المنخفضة) ، وسهل الهو (في إيطاليا) ، إضافة إلى العديد من المناطق الخصبة والمكتظة بالسكان في العالم^(٨٦) . وهذا خطر لا يمكننا تحمله ، على أن إزالة ثنائي أكسيد الكربون من الدخان ستكلفنا من الطاقة بقدر ما أنتج من حرق الوقود .



فالسؤال إذن : هل يمكن سد العجز المتوقع في الطاقة من مصادر تتجدد باستمرار ، كالطاقة الكهرومائية والوقود الحيوي ، وحرارة باطن الأرض ، وأشعة الشمس ، والمد والجزر ، والرياح ؟ فالطاقة الكهرومائية ، ازداد استخدامها في العالم كله بمعدل سنوي متوسطه أكثر من ٥ في المئة في السنوات الخمسين الماضية ، ولكنها على الرغم من ذلك لا تقدم الآن أكثر من ٧ في المئة من طاقة العالم ، وتوليدها نظيف ويمنع فيضان الأنهار ويساعد على ري التربة ، ولكن مباشرة عملها مكلفة ، ويمكن أن تفقر الدولة . ثم إن الكثير من إمكانات الطاقة المائية في البلدان المتطورة مستثمر أصلا ، لذا لا يمكنها أن تسد سوى جزء ، وليس أكثر ، من عجز الطاقة الذي سيخلفه نفاذ الوقود الأحفوري ، أما في البلدان النامية فقد سحب وسطيا أقل من عشر مواردها من الطاقة المائية .

ولازتال هناك موارد متجددة أخرى كثيرة للطاقة . ولكن ثمة صعوبات في عدد منها كان قد شرحها بأكثر ما يكون وضوحا الفيزيائي الروسي بيتر كاييتسا^(٨٧) . فقد تعلمنا من القانون الثاني في الترموديناميك (الديناميكا الحرارية) أن الكفاءة (أو المردود) التي يمكن أن نستثمر بها الطاقة من مصدر ما ، لا تتوقف على كمية الطاقة الكلية التي يمكن أن ينتجها المصدر في الزمن الواحد فحسب ، بل تتوقف أيضا على كثافة تدفق الطاقة فيه^(*) . فالطاقة التي يمكن أن نحصل عليها مثلا من جدول صغير يندفع بسرعة منصبا من أعلى جبل مرتفع ، أكبر من تلك التي يمكن أن نحصل عليها من جدول أعرض بكثير ويجري ببطء عبر السهول ، على الرغم من أن الاثنين ينتجان الطاقة ذاتها في وحدة الزمن^(**) . ونخلص من هذا القانون إلى أننا في حالة ربح سرعتها ١٠ أمتار في الثانية ، نحتاج إلى ٢٥ ألف طاحونة هوائية صغيرة قطر ريشة مروحتها ٨ أمتار ، أو إلى ٢٥٠ طاحونة عملاقة قطر ريشتها ٨٠ مترا لكي نولد الطاقة ذاتها التي يولدها مفاعل (ولود) breeder سريع طاقته ١٠٠٠ ميغاواط أو بدلا من ذلك ، كان يجب تجميع أشعة الشمس على مساحة ٥٠ كيلومترا مربعا على الأقل لكي تولد ١٠٠٠ ميغاواط على مدار

(*) أي الطاقة المتدفقة من واحدة السطوح .

(**) الطاقة الأولى موزعة على سطح صغير (كثافة أكبر) والثانية موزعة على سطح كبير (كثافة أقل) فهناك هدر كبير في الحالة الثانية .

السنة . إن تدفق الطاقة من جميع مصادر الطاقة الأخرى المتجددة منخفض أيضا . فاستثمار مثل هذه المصادر يحتاج إلى توظيف رأسمال ضخم بصورة غير مألوفة للحصول على عائدات هزيلة .

وتقدر مديرية الطاقة في بريطانيا أن مصادر الطاقة المتجددة مجتمعة ، لا يمكنها أن توفر لبريطانيا حتى نهاية القرن سوى عشرة بالمئة فقط من مجموع الطاقة التي تحتاج إليها ، مع أن هناك من يرى أن هذا التقدير منخفض جدا . وقد حدد الرئيس الأمريكي السابق جيمي كارتر هذه النسبة في الولايات المتحدة بـ ٢٠ في المئة هدفا لها ، بما في ذلك الطاقة الكهربائية الإضافية . غير أن الخبراء يرون أن ١٢ في المئة هو الرقم الأكثر واقعية . ولكن من الممكن بالمقابل أن تسهم المصادر المتجددة إسهاما جوهريا في البلدان الجنوبية ، فحيث لا تحتاج أي قرية إلى أكثر من ٥٠ كيلو واط للري والإضاءة ، تكون طاقة الشمس والرياح ، أو الميثان المتولد من تخمر روث البقر ، طاقة اقتصادية أكثر من تلك المولدة من محطة كهرباء نائية . وكانت البرازيل تحلم بأن تحصل بحلول عام ١٩٨٥ على ٢٠ في المئة من مجمل وقودها السائل من تخمر قصب السكر و (المنهوت) cassava .

وهناك أخيرا أمل بعيد بالحصول على الطاقة من الاندماج النووي الذي يمكن التحكم فيه^(٨٨) . وهذه الطريقة لا يمكن أن يسيء الإرهابيون استعمالها ، كما أنها لن تنضب ، فهي لذلك ستزودنا بكفايتنا من الطاقة إلى الأبد ، ولكن المشكلات التقنية التي تطرحها هائلة ، كما أنه ليس واضحا بعد متى ستحل - هذا إذا كان هناك حل أصلا - وليس من الواضح أيضا عدم وجود مشكلات للاندماج النووي من حيث نشاطه الإشعاعي .

ترى ما الذي سيحدث لو أن الأمم الأكثر غنى قررت عدم بناء محطات طاقة نووية جديدة وإغلاق الموجود منها بدعوى أن مخاطرها كبيرة جدا ؟ لقد لفت نظري هرمان بوندي الرئيس السابق لمديرية الطاقة البريطانية ، إلى أن قرارا كهذا سيزيد تفاوت توزيع الطاقة الحالي في العالم ، لأنه سيرفع سعر الوقود الأحفوري إلى مستوى يجعله بعيدا كل البعد عن متناول البلدان الفقيرة . وهذا ما يحدث حاليا في الهند التي تنفق ٧٠ في المئة من عائدات التصدير على شراء البترول . لذلك ، كما يدل بوندي ، كان من

الضروري جدا أن يجد العلماء حلولاً تقنية لمخاطر الطاقة النووية ، وأن يقتنعوا الناس بأنها بديل آمن للوقود الأحفوري ، ومن دون ذلك يمكن لنقص هذا الوقود أن يؤدي إلى توقف الكثير من الزراعة والصناعة في البلدان التي لن تقدر بعدئذ على شرائه ، وقد عبرت هيئة الطاقة الذرية الدولية عن وجهة النظر هذه نفسها .

أما الفقيه السير مارتين رايل Ryle الحائز جائزة نوبل في الفيزياء وأكثر المتقدين صراحة لسياسة الطاقة الرسمية في بريطانيا ، فكان يأخذ بوجهة نظر مختلفة كل الاختلاف ، ويحاول أن يثبت أنه حتى في أكثر التنبؤات تفاؤلاً ، لن تكون الطاقة النووية حتى نهاية القرن الحالي قادرة على تقديم أكثر من جزء صغير من كامل الطاقة التي يمدنا بها الوقود الأحفوري ، وكان يقدر هذه الطاقة كلها في بريطانيا بحدود ٣٢٠ ألف ميجاواط ، منها ٤٥ ألفاً فقط يمكن أن تأتي من الطاقة النووية . ولن يكون بالإمكان من الناحية العملية رفع توليد الكهرباء الحالية بالطاقة النووية إلى أي قيمة قريبة من هذا المجموع .

لذلك كان يحاول أن يبين أنه من غير الممكن سد العجز الكبير في الطاقة إلا بتقليص حجم التبريد وباستغلال مصادر الطاقة المتجددة بأقصى ما يمكن . وكان في تقديره أنه لو صرفت تكاليف بناء محطة طاقة نووية على أجهزة تحدد من تبريد الطاقة بدلاً من المحطة ، لأمكن توفير طاقة أكثر بثلاث مرات مما تنتجه المحطة في عمرها . وهذا ما يصح بوجه خاص على البلد الأكثر استهتاراً بتبريد الطاقة وهو الولايات المتحدة . كما ترى الهيئة الاقتصادية الأوروبية أيضاً أن حفظ الطاقة من التبريد مكافئ لأحسن مصادر الطاقة الإضافية . أما رايل فكان يرى أن فعالية المراوح الهوائية ومجمعات الحرارة الشمسية وأجهزة تخزين الحرارة ، تتحسن بسرعة بحيث إن التقديرات الرسمية لإسهاماتها الممكنة أصبحت متخلفة جداً عنها (أي عما تنتجه فعلاً) ، وقد ذكر في تقريره أيضاً أن نسبة ٤٤ في المئة كانت قد أوردت على سبيل المثال في الدنمارك كإسهام لمصادر الطاقة المتجددة بحلول عام ٢٠٠٠ ، وفي كندا ١٠٠ في المئة حتى عام ٢٠٢٥ . ولكن هناك من يشكك في هذه التقديرات للأسباب التي جئت على ذكرها ومهما يكن من أمر فإن رايل يرى أن توليد الطاقة النووية لا يستحق المخاطرة^(٨٩) .

واعتقد أن الواجب يدعوننا إلى الموازنة بين إمكان وقوع حادث نووي مؤلم آخر أو ظهور إرهاب نووي ، وبين الخطر الأكثر رجحانا وهو نقص الطاقة الحاد في العالم ، ولدي انطباع بأن معارضي الطاقة النووية لا يولون اهتماما كافيا للبطالة والمجاعات والقلق الاجتماعي والتوترات الدولية التي يمكن أن يكون نقص الطاقة باعثا لها . فالتقهقر الاقتصادي مثلا ، الذي بدأ في عام ١٩٧٣ كان سببه اختلال ميزان المدفوعات الناجم عن تضخم أسعار النفط .

لقد ارتفع سعر النفط آنذاك نتيجة لقرار سياسي اتخذته الدول المنتجة ، ولكن ذلك تم مع بقاء النفط متوافرا ، أما حين يصبح نقص النفط طبيعيا واستخراجه أكثر مشقة ، فعندئذ من المتوقع أن يرتفع سعره باطراد ارتفاعا باهظا إلى مستويات أعلى بكثير مما كان عليه في السبعينيات ، ويظهر الشكل (٢٤) أن هذا ليس أمرا يمكن تجاهله ، أو تنبؤا يمكن أن يتحقق يوما ما في المستقبل غير المنظور ، وإنما هو أمر سيصيب أبناءنا وأحفادنا ، وسيعمق نقص الطاقة مآزق البلاد الأشد فقرا والأكثر اكتظاظا بالسكان ، وحتى البلدان الأكثر غنى ستضطر إلى تخفيض مستوى معيشتها ، وقد رأينا سابقا أن أكثر احتياطات الفحم في العالم موجودة في الاتحاد السوفييتي السابق وفي الولايات المتحدة ، لذلك قد تغريهما قوتهما العسكرية ، باحتكار معظم ما تبقى من مصادر البترول والغاز الطبيعي ، الأمر الذي سيمكنهما بدوره من تأخير هذا التخفيض المؤلم لمستوى المعيشة في بلديهما ، في حين أن الأمم الأضعف يمكن أن تفتقد الطاقة التي تحتاج إليها لبقائها . فالاستفادة من الطاقة النووية في هذه الحالة ستبقي مصادر الوقود الأحفوري العالمية مدة أطول وستخفف من اعتماد البلدان الضعيفة على هذه المصادر . لذا على البلدان التي تطالب بالتخلي عن الطاقة النووية أن توازن بين مخاطر الحوادث النووية التي يمكن تجنبها ، وبين نقص الطاقة المتوقع بالتأكيد في المستقبل والمعالجة التي سيجريها ، كما يجب أن تذكر هذه البلدان التهديدات المربعة التي يطرحها مفعول الاحتباس الحراري (الدفئ) .

ولكن لا تزال هناك آمال مبهمة بحل مشكلة نقص الطاقة ، ففي العالم مكانان ضخمة لهيدرات الميثان ، وهو مركب يتكون من جزيئات ميثان محجوزة في أقفاص من جزيئات الماء تفوقها عددا بنسبة ٦ أو ١٧ إلى ١ .

وتوجد هذه المكامن تحت الجمد السرمدي permafrost في سيبيريا وآلاسكا وكذلك في رسوبيات المحيط العميقة . فهذا الجمد السرمدي يمتد إلى عمق يتراوح بين ٣٠٠ و ٦٠٠ متر ، ويتراوح سمك مكامن الميثان بين ٣٠٠ متر و ١٠٠٠ متر . ويمكن لمكامن هيدرات الميثان أن تزيد كثيرا على احتياطات الغاز الطبيعي المعروفة . ولكن من غير الواضح إن كان بالإمكان استخراج هيدرات الميثان بمصروف من الطاقة أقل من ذلك الذي سنحصل عليه من حرق الميثان^(٩٠) .

وكان الفيزيائي الفلكي البريطاني توماس جولد قد تنبأ بوجود احتياطات هائلة من الميثان في الطبقات العميقة من قشرة الأرض^(٩١) . والآن ، وضعت هذه الفرضية موضع الاختبار في السويد ، فقد حفر ثقب عمقه عدة كيلومترات . وغالبا ما صدقت فرضيات جولد العبقريّة والجريئة .

فإذا ما تبين في هذه المرة أنه أيضا على صواب ، أمكن للإنسان أن يتزود على أحسن وجه بالطاقة في المستقبل البعيد . ولكن العالم سيقفل يواجه عندئذ مشكلة ارتفاع معدل ثنائي أكسيد الكربون المستمر في الجو ، ولا يمكن أن يخلصه من حدوث ذلك إلا الطاقة النووية أو تحويل الطاقة الشمسية على نطاق واسع .

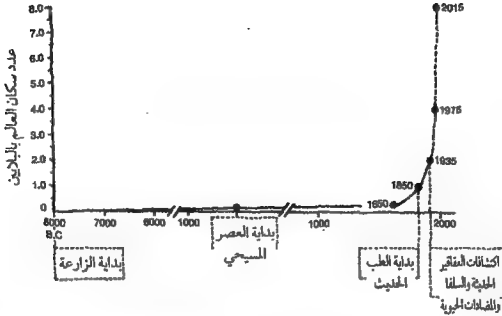
استهلاك الطاقة والمخزون الغذائي والنمو السكاني :

تستهلك أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية ٥٥ في المئة من الطاقة المستخدمة في العالم ، وفي كل عام ، تطلبان المزيد لدعم ارتفاع أعلى في مستوى المعيشة ، المرتفع أصلا عندهما ارتفاعا غير معقول .

فالإنسان الغربي المتوسط يصرف على التبغ والشراب وأدوات التجميل في السنة أكثر من متوسط دخل الفرد السنوي في الهند . وفي بلدان نامية عديدة ، لا يمكن أن يرتفع إنتاج الغذاء إلى أكثر من مستوى البقاء (على قيد الحياة) وذلك بسبب فقدان الطاقة ورأس المال اللازم لإنتاج الأسمدة الأزوتية . فما نحتاج إليه ليس رفع استهلاك الطاقة في البلدان الأغنى ، وإنما توزيع أكثر عدلا للطاقة التي ينتجها العالم . ويظهر الشكلاّن ٢٥ و ٢٦ التضارب الشديد بين استهلاك الوقود الأحفوري المتسارع ،

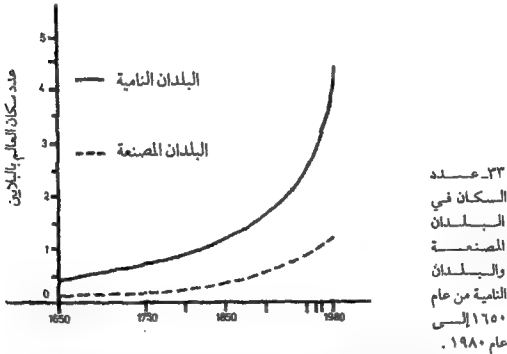
وإمداداته الآخذة بالنضوب . ويبدو في الوقت الراهن أنه ليس هناك ما يكفي من الطاقة المتاحة لدعم نمو اقتصادي لانهائية له . ففي القرن القادم ، ستكون جميع الإمكانيات - بما في ذلك الحفاظ على الطاقة والقدرة المستمدة من مصادر طاقة متجددة ، والطاقة النووية ضرورية لضمان بقاء الحياة المتحضرة ، ولا سيما في البلدان الأفقر .

إن سكان العالم يتضاعفون حاليا كل ٢٥ أو ٣٠ سنة ، ومن المتوقع أن يبلغ عددهم نحو ستة بلايين نسمة في عام ٢٠٠٠ (الشكلان ٣٢ و ٣٣) . وعندئذ سيكون معدل المساحة المزروعة للشخص الواحد من السكان قد انكمش إلى ثمن هكتار . ويبين (الجدول ٦) معدلات الارتفاع المرعبة في النمو السكاني في عدة بلدان نامية . إن معدلات نمو سكاني من ٢ ، ٣ إلى ٤ ، ٥ في المئة في السنة يقابلها تضاعف في عدد السكان خلال ثمان وعشرين إلى خمس عشرة سنة فقط (الشكل ٣٤) (٩٢) . وفي بلدان عديدة هي في الأصل فقيرة جدا - مثل كينيا وزائير ونيجيريا ومصر - سيصل عدد السكان بحلول عام ٢٠٠٠ إلى أعداد هائلة . ففي نيجيريا وحدها سيتجاوز العدد الإضافي من السكان ٥٠ مليونا ، أي بما يقرب من عدد سكان ألمانيا الغربية ، في حين أن دخل الفرد الحالي في نيجيريا يعادل جزءا واحدا فقط من ١٥ من متوسط دخل الفرد في ألمانيا الغربية . وتنتج هذه الزيادات المتوقعة جزئيا ، من انخفاض وفيات الأطفال وتزايد متوسط العمر المتوقع للفرد (الشكل ٣٥) . والحقيقة أن معدل الولادات في البلدان النامية انخفض في السنوات العشرين الماضية . وقد غذى هذا الاتجاه الآمال في أن يستقر عدد سكان العالم في النهاية حول ١٠ بلايين نسمة . وربما يرد هذا التوقع إلى لطافة هذا العدد المدور . ولكن على الرغم من نجاح الزراعة العلمية ، لا يرجح أن يظل إنتاج العالم من الغذاء مسايرا لارتفاع عدد السكان . وهناك عدة أسباب تدعونا إلى هذه النظرة القاتمة . أحدها هو تحويل بعض من أجود الأراضي الزراعية إلى أبنية وطرق . ففي الولايات المتحدة كانت ٤٠ ألف هكتار من صفوة الأراضي المنتجة تحول كل عام إلى أغراض غير زراعية ما بين عامي ١٩٦٧ و ١٩٧٧ . وهذا يعني فقدان ما يقرب من ٣ في المئة في عشر سنوات . وبلغت الخسارة في ألمانيا الغربية ٢ ، ٥ في المئة ما بين عامي ١٩٦٠



٣٢- عدد سكان العالم من ٨٠٠٠ ق.م إلى ٢٠٠٠ ب.م .

Source: M. S. Swaminathan, Global Aspects of Food Production (Geneva: World Meteorological Organisation, World Climate Conference, 1979).



Source: M. S. Swaminathan, Global Aspects of Food Production (Geneva: World Meteorological Organisation, World Climate Conference, 1979).

و ١٩٧٠. وفي بريطانيا وفرنسا ٢ في المئة . ويتوقع أن ترتفع مساحة الأراضي التي يمكن زراعتها بالحبوب في العالم بنسبة ٩ في المئة فقط بين عامي ١٩٨٠ و ٢٠٠٠، في حين سيرتفع عدد سكان العالم بنسبة ٤٠ في المئة . وهذا يعني أن المساحة المزروعة بالنسبة للفرد ستخفض من ١٧,٠ هكتار إلى ١٣,٠ هكتار (الجدول ٧)^(٩٣). يضاف إلى ذلك أن الأرض التي تُحول إلى الزراعة في بلدان العالم الثالث هي بوجه عام متدنية الخصوبة .

في عام ١٩٨٠ تدنى احتياطي العالم من الحبوب تدنياً أندر بالخطر ، فقد تدنى إلى ما يكفي لاستهلاك العالم في ٤٠ يوماً فقط . ولكن الثورة الخضراء رفعت منذ ذلك التاريخ محاصيل العالم بأكثر من ٢ في المئة في السنة ، في حين أن الهبوط الاقتصادي خفف من الطلب . فكانت النتيجة أن الاحتياطيات ارتفعت بقسودم عام ١٩٨٦ إلى ما يكفي لاستهلاك العالم في ٨٤ يوماً . هذا علماً أنه على الرغم من التدهور الاقتصادي ، فقد حملت السنوات الأخيرة معها بعض التحسن في تغذية سكان العالم ، إذ ارتفع استهلاك الفرد للغذاء في البلدان النامية ، وسطي بنحو ٣ في المئة في السنة ، وفي الصين ٥,٤ في المئة ، ولو أن هذه البلدان كانت قادرة على تحصيل أسعار أعلى لمنتجاتها الأولية ، أو على دفع فوائد أقل عن ديونها الهائلة ، لأمكنها بسهولة شراء فائض الحبوب لدى الديمقراطيات الغربية واستهلاكه . ولكن هذا الفائض مستدعو الحاجة إليه لمسايرة تزايد سكان العالم .

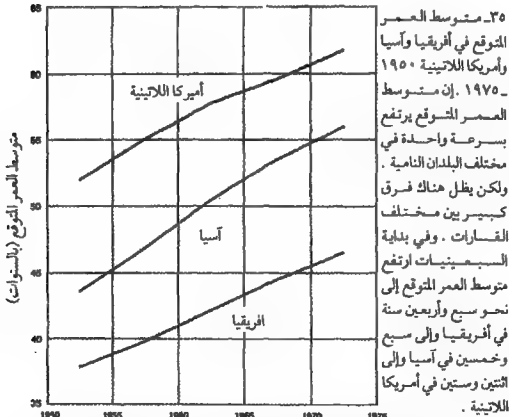
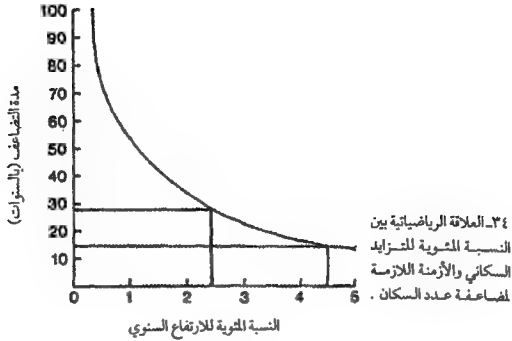
إن البلدان التي لديها فائض كبير مما تنتجه من غذاء هي فقط الديمقراطيات الغربية وأستراليا ونيوزيلندا . ويظهر الشكل (٣٥) أن إنتاجها يرتفع ارتفاعاً حاداً ، وأن إنتاج الدول النامية يحقق ارتفاعاً طفيفاً . في حين أن بلدان شرق أوروبا أخفقت في تحقيق أي ارتفاع في إنتاجها . ونتيجة لذلك ، تزايدت صادرات البلدان الصناعية الغربية من الغذاء ، أما البلدان النامية فتستورد غذاءً أكثر مما تصدر ، وبلدان أوروبا الشرقية ، التي تمتلك بعضاً من أغنى الأراضي الزراعية في العالم ، تستورد أكثر منها أيضاً .

يبدو كأن الإنسان قد ذهب بعيداً في تعديه على المصادر الزراعية التي يجب أن يعيش عليها أولاده وأحفاده . فالنهم إلى الغذاء أو إلى الربح ، أو

جدول ٦ - إحصاءات أساسية من بلدان نامية وبلدان متطورة غنوجية

البلد	النسبة المئوية للتزايد السكاني في السنة ١٩٧٣-١٩٨٤	النسبة المئوية للنساء في التزوجات اللائي يعملن موانع للعمل ١٩٨٣	وحدات الألف	النسبة المئوية لتغير معدل المواليد ١٩٦٥-١٩٨٤	عدد السكان (بالملايين) ١٩٨٤ ٢٠٠٠	الناتج القومي الإجمالي (GNP) بالمولد بالنسبة للمرد ١٩٨٤	تغير النسبة المئوية للناتج القومي الإجمالي بالنسبة للمرد ١٩٦٥-١٩٨٥
ساحل الداج	٤,٥	٩	١٧٦	٧,٤+	١٠	١٧	٥٥٠
كينيا	٤,٠	١٧	١١٣	٤,٣+	٢٠	٣٥	٢٧٥
زائير	٣,٠	٣	١٤٢	٧٨,٣-	٣٠	٤٧	١٢٥
نيجيريا	٢,٨	٥	١٧٩	٣,٤-	٩٦	١٦٣	٦١٠
مصر	٢,٦	٣٠	١٧٣	١٧,٢-	٤٦	١٥	٦٥٠
البرازيل	٢,٣	٥٠	١٠٤	٢٤,٦-	١٣٣	١٧٩	١٥٥٠
الهند	٢,٣	٣٥	١٥١	٢٧,١-	٧٤٩	٩٩٤	٢٣٥
الصين	١,٤	٧١	٩٠	٥١,٣-	١٠٢٩	١٢٤٥	٢٨٠
الولايات المتحدة	١,٠	٧٦	٢٥	١٩,١-	٢٣٧	٢٦٣	١٣٩٠٠
الاتحاد السوفيتي (الساين)	٠,٩	٩	٣٠	٨,٩+	٢٧٥	٣٠٧	غير متاح
إيطاليا	٠,٣	٧٨	٢٨	٤٦,١-	٥٧	٥٩	٥٨٠٠
بريطانيا العظمى	٠	٧٧	٢٠	٢٨,٠-	٥٦	٥٨	٧٧٥٠
ألمانيا الغربية	٠,١-		٢٦	٤٦,٣-	٦١	٦٠	١٠٠٠٠

Source: World Development Report, 1986 (Oxford University Press for the World Bank, 1986).

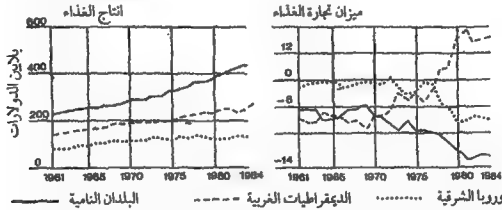


Source: D. R. Gwadkin and S. K. Brandel, "Life Expectancy and Population Growth in the Third World," Scientific American 246 (May 1982): 33.

الجدول ٧- عدد سكان العالم وأراضي زراعة الحبوب ، ١٩٥٠- ٢٠٠٠

العام	عدد سكان العالم (بالبلايين)	أراضي زراعة الحبوب (بالبلايين الهكتارات)	المساحة للشخص (بالبلايين الهكتارات)
١٩٥٠	٢,٥١	٦٠١	٠,٢٤
١٩٨٠	٤,٤٢	٧٥٨	٠,١٧
٢٠٠٠	٦,٢٠	٨٢٨	٠,١٣

Source: World Development Report, 1986 (Oxford: Oxford University Press for the World Bank).



٣٦- إنتاج الغذاء وميزانه التجاري مقدرا بـ ١٠ بلايين الدولارات في البلدان النامية والديمقراطيات الغربية وأوروبا الشرقية ١٩٦١- ١٩٨٤ . لاحظ التباين بين الارتفاع الحاد في الديمقراطيات الغربية والركود في أوروبا الشرقية . هناك قلق متزايد من أن البلدان الغربية الصناعية هي البلدان الوحيدة الآن المصدرة للغذاء .

Source: World Development Report, 1986 (Oxford: Oxford University Press for the World Bank 1986).

سوء التخطيط أو الإدارة ، كما في الدول الشيوعية والاتحاد السوفيتي ، جعل المزارعين يشتطون في استثمار أراضيهم إلى أبعد من إمكانياتها . وهذا قصر نظري يؤدي تدريجيا إلى إضعاف خصوبة الأرض ، في حين تستمر خصوبة الإنسان بالارتفاع ، وفي العالم الثالث يلقي السياسيون تبعه فقر شعوبهم وسوء تغذيتهم على استغلال الغرب . إن في العديد من هذه الاتهامات جانبا من الحقيقة ، ولكن حتى أكثر السياسات تنورا وكرما في الغرب ، لن تكون في نظري قادرة على منع كوارث المجاعة ما لم تشرع دول العالم الثالث نفسها بالحفاظ على تربتها وإبطاء التزايد السكاني عندها ، إذ مازلنا كما يقول جون ستاينبيك Steinbeck «لا نستطيع أن نمنح إنسانا من أن يكون قد ولد أو على الأقل ليس بعد» .

وكثيرا ما يقال إن الشعوب التي بلغت أصلا مستوى معيشة عالية ، هي وحدها التي تستخدم وسائل منع الحمل ، وأنه من غير الممكن إقناع الشعوب غير المتعلمة أو الشعوب التي ثقافتها غير أوروبية ، باللجوء إلى تحديد النسل . ولقد أثبتت الصين الآن أن من الممكن إقناع الناس ، حتى الأميين منهم ، بأن اكتفاء العائلة بولد واحد هو الطريقة الوحيدة لضمان مستقبل هذا الولد . كما أن الصين تتج على نطاق واسع موانع حمل رخيصة ولائقة اجتماعيا ، وكافية لسكانها الذين تجاوزوا البليون نسمة^(٩) . ويزعم بأسى أن المجتمعات الإسلامية تقاوم كل شكل من أشكال تحديد النسل^(١٠) . لذلك نشهد حاليا ارتفاعا في عدد السكان في مصر وفي عدد من البلدان الإسلامية الأخرى بمعدل يتضاعف فيه هذا العدد كل عشرين سنة فقط . وأنا لأرى سبيلا إلى تزويد هذه الأعداد الغفيرة بوظائف مربحة أو بالغذاء اللازم لإبقائهم أحياء ، علما أن الموازنة بين فوائد منع الحمل ومخاطره ترجح كفة الفوائد ترجيحا كاسحا . وحتى في بريطانيا ، مع ما تتميز به دور التوليد فيها من عناية ، تفوق مخاطر الولادة مخاطر تناول حبوب منع الحمل عن طريق الفم . وهكذا فإن الأحكام المسبقة الفقهية أو الاجتماعية التي تؤخر استعمال موانع الحمل في بلدان عديدة ، ولاسيما معارضة الكنيسة الكاثوليكية لإدخالها إلى العالم الثالث ، ستكلف البشرية ثمنا باهظا من آلامها . والطريف ، أن البلدان المتطورة التي توجد فيها أعلى نسبة مثوية من النساء اللاتي يستعملن موانع الحمل ، هي البلدان التي يغلب عليها الطابع الكاثوليكي ، كإيطاليا وفرنسا وبلجيكا ، وهذا على الرغم من معارضة الكنيسة لها . وهذه النسبة تزداد ببطء أيضا في الدول النامية (الجدول ٦) .

العلم والسياسة :

هل يستطيع العلم أن يفعل شيئا ما للتحفيف من التوترات الدولية أو القومية؟ إن العلم مجرد معرفة ، وليس له مضمون سياسي . ولكن

(*) الحقيقة أن الإسلام لا يعارض تنظيم النسل ، ولكن الجهل في البلدان الإسلامية وبعض التقاليد المحلية ، هما اللذان يعرقلان عملية التنظيم هذه .

الفيلسوف كارل پوپر Poper الذي خصص كثيرا من تأملاته للطرائق العلمية ولتطبيقاتها على المجتمع ، أثبت أن العلم يستطيع على الأقل أن يسهم إسهاما متواضعا في توجيه الناس نحو موقف علمي من المسائل السياسية . وقد هاجم في إحدى دراساته عن تاريخ العلم السياسي ، التي عنوانها «المجتمع المنفتح وأعداؤه» ، أولئك الفلاسفة الذين أصبحوا فيما بعد من دعاة الاستبداد^(٩٥) . إذ يستشهد مثل هؤلاء الفلاسفة بقوانين تقول إن المجتمع الإنساني مقيد بالسير (أو التطور) وفق مسارات محددة ومرسومة : ولقد صور أفلاطون هذا المسار بأنه انحلال يبدأ من دولة مثالية متكاملة ، واقترح أن هذا الانحلال يجب أن يوقعه نظام سلطوي صارم تفرضه الأقلية الحكيمة على الأكثرية المغفلة . ولقد كان كتاب جورج أورويل Or-well «عام أربعة وثمانين وتسعمائة وألف» كاريكاتورا بارعا لجمهورية أفلاطون . وتبعا لقوانين ماركس في التاريخ : يؤدي التصنيع في البدء إلى صراع الطبقات ، ويعدئذ إلى الثورة المظفرة وديكتاتورية البروليتاريا ، وأخيرا إلى زوال الحكومة نهائيا .

لقد انطلق پوپر من مقدمة تقول إن المجتمع طراز من البناء أعقد من أن نستقي من ماضيه قوانين نبني عليها تنبؤات حول المستقبل . ولقد أثبتت الأبحاث الأنثروبولوجية حول أصل الجنس البشري وتطوره ، أن المجتمعات البدائية ، خلافا لرأي أفلاطون ، أبعد من أن تكون نماذج للكمال الأخلاقي ، وأن أنظمتها الاجتماعية ظلت بوجه عام ساكنة . كما أن الثورات حدثت فقط ، بخلاف ما ارتآه ماركس ، في المجتمعات الزراعية الخاضعة لنظام إقطاعي . في حين أن الطبقة العاملة في المجتمعات الراقية التصنيع انجهدت نحو الاندماج مع البورجوازية . والواقع أن كل ما أذيع في الماضي من قوانين مزعومة للتاريخ كذبتها الحوادث . ويحاول پوپر أن يثبت أن المستقبل يتوقف علينا نحن وحدنا . إذ لا وجود لقانون يجعل من الحروب العالمية أو من الحروب الأهلية بين الطبقات أمرا محتما . (فالأمر منوط بنا أن نضمن عدم حدوث مثل هذه الحروب) .

ولقد قال اللورد أكتون Lord Acton : إن من طبيعة الديمقراطية أنها تستبق الثورة بحركة إصلاح في الوقت المناسب . كما ألح پوپر على أن هذه

الإصلاحات يجب إجراؤها بروح العلم ، الذي يرى أن المعرفة فيه مؤقتة ليس إلا ، وأن القوانين الطبيعية ليست سوى فرضيات مؤهلة لأن تخضع لاختبار التجربة . ولكن ما من فرضية على الإطلاق يمكن إثباتها كلياً ، إذ توجد دائماً إمكانية لأن تأتي تجربة تدحضها .

وعلى هذا فإن قانون جاليلو في التناقل^(*) هو قانون علمي بحسب هذا التعريف للقانون العلمي ، في حين أن مسلمات فرويد في التحليل النفسي ليست كذلك . وقد تجبرنا التجارب على تعديل فرضياتنا الأولى تدريجياً لتتقرب أكثر فأكثر من الحقيقة . وقد صاغ بيتر ميداور هذه الفكرة بقوله : «إن التفكير العلمي هو نوع من الحوار بين الممكن والواقع ، أو بين ما يمكن أن يكون وما هو كائن فعلاً»^(**) .

وكان بوبر يجادل بأن المسائل السياسية والاقتصادية والاجتماعية يجب أن يتم تناولها بالنهج البراغماتي (الذرائعي) نفسه بدلاً من اتباع نهج دوغماتي^(**) . ولكن لما كان المجتمع البشري في غاية التعقيد ، فحتى أفضل الإصلاحات تخطئ لمن يكون لها دائماً نتائج مضمونة . ولا يرجع الوصول إلى النتائج المرجوة إلا في حال تغيرات تدريجية غير عنيفة ، وحتى في هذه الحالة يمكن أن تكون النتائج مصحوبة بآثار جانبية غير ملائمة وغير متوقعة وأشبه ما تكون بالآثار الجانبية لدواء جديد . ولقد ارتأى بوبر أن على العلوم الاجتماعية أن تتعلم كيف تتنبأ بهذه الآثار الجانبية ، وأن على السياسيين والإداريين أن يعدلوا باستمرار سياساتهم في ضوءها . ولكن هذه المقاربة المفتوحة لا يمكن تحقيقها إلا في ظل نقاش ديموقراطي حر .

ويقول شبان كثيرون في إيطاليا ، مثل مورلان (إحدى شخصيات رواية روجيه مارتن دو جارد Les Thibault: Roger Martin du Gard) : «ينبغي أن يتحطم كل شيء لكي نبدأ من جديد . بل ينبغي أن تزول حضارتنا الملعونة بأكملها لكي نستطيع أن نأتي للعالم بمستلزمات العيش اللائق» . ولقد قال لي شاب إيطالي يشتغل بالعلم ويعيش عيشة رغدة في سويسرا : «إن الجامعات الإيطالية يعمها الفساد لدرجة أن عليك انتظار انهيارها قبل أن

(*) تناقل gravitation ، ثالة gravity .

(**) dogmatic أتباعي .

تستطيع البدء بتأسيس جامعات لائقة» - ولكن كان على هذا الشاب أن يكون على اطلاع أفضل .

لقد بين بوير أنه من غير المرجح أن تؤدي مثل هذه السياسة - التي تدعو إلى هدم ما هو قائم للانطلاق من «حالة نظيفة» - إلى النتيجة المرجوة ، لأن تحطيم البناء الاجتماعي يحطم أيضا المؤسسات والقيم الأخلاقية ، أي آداب السلوك وأصوله التي يمكن أن يبنى عليها مجتمع محسن جديد . ولقد تأكدت حجج بوير بالنتائج المدمرة التي نجمت عندما نفذ الشيوعيون المتعصبون فعلا مثل هذه السياسة في كمبوديا ، فلقد أدت إلى قتل مليوني إنسان وإلى المجاعة والمرض والعدوان .

إن العلم هو انتصار العقل ، ولقد قال برتراند رسل «إن العقلانية ، باعتبارها معيار الحقيقة العمومي واللاشخصي ، هي على درجة قصوى من الأهمية ، ليس فحسب في العصور التي تسود فيها بلا منازع ، بل أيضا ، وحتى أكثر ، في الأزمنة الأقل حظا والتي تكون فيها مزدرة ومرفوضة باعتبارها حلما عقيما لمن لا يملكون الرجولة الكافية لأن يقتلوا عندما لا يستطيعون أن يكونوا موافقين» .

ولكن العقل مع ذلك ليس كافيا . فقد كتب فيلسوف القرن الثاني عشر الفرنسي ، بيتر أبلار Peter Abilard «إن العلم من دون ضمير هو موت الروح» ، ولكن ليس الروح فحسب ، ففي الثلاثينيات قرر علماء وراثة وأنثروبولوجيون وأطباء نفسانيون ألمان ، أن العرق الألماني يجب أن يظهر من الأشخاص «المتدين» الذين اعتبر تدنيهم وراثيا . ولقد ضمت لائحة هؤلاء : المواليد غير الطبيعيين ، والمصابين بانفصام الشخصية (شيزوفرينيا) والمصابين بالمس والاكتهاب (أو الاتقياض) (مثل فيرجينيا ولف^(*)) ، والمصابين بالصرع ولاديا (مثل دوستويفسكي) ، والكحوليين العتاة (مثل إرنست همنغوي) . ولقد عقم هؤلاء في بادئ الأمر ، وقبيل هجوم ألمانيا على بولونيا ، تمت في ألمانيا ما بين ٣٥٠ ألفا و ٤٠٠ ألف عملية تعقيم . وبعد اندلاع الحرب ، تقرر قتل «المتدين» بدلا من تعقيمهم .

وقد اختار أطباء نفسانيون وأطباء آخرون أولئك الذين سيرسلون إلى محطات مخصصة للقتل . ولقد كانت التصفية الجسدية مخططة لها ومنظمة

(*) رواية وكاتبة إنجليزية انتحرت غرقا وكانت دائما الحرف من أن تصاب بانهايار عقلي .

من قبل هيئة مكونة من نحو ثلاثمائة عضو في المعهد الخاص بعلم الأعصاب التابع لمشفى شاريت في برلين ، ولقد دُمر مبنى هذا المشفى فيما بعد نتيجة للحرب . لذلك يقترح بعضهم الآن إقامة نصب تذكاري حيث كان المشفى مشيداً ويكتب عليه ما يلي :

«في ذكرى سياسة التصفية الجسدية

وتكريماً لضحاياها المنسيين»

«هنا في شارع تيير غارتنشتراسي نظم الاشتراكيون القوميون أولى الجرائم الجماعية . لقد مات أكثر من ٢٠٠ ألف أعزل بالغاز أو باستنشاق النومات أو بالتجويع المدبر . وقد اعتبرت حياتهم عديمة الأهمية وسمي قتلهم القتل الرحيم . وكان مرتكبو هذا الإثم علماء وأطباء وعمرضات وموظفين من إدارات العدل والصحة والعمل . وكان ضحاياهم مساكين أو يائسين أو مضطرين أو بحاجة إلى مساعدة . فقد جيء بهم من عيادات نفسانية ودور للعجزة ومستشفيات للأطفال والجيش ومخيمات وبيوت جماعية ، وكان عدد الضحايا ضخماً والقليل منهم فقط كانوا مدانين بالقتل»^(٩٧) .

ولقد تشبث علماء الأعصاب وغيرهم بلهفة بتلك «المناسبات الضخمة» التي قدمت فيها أجساد الضحايا لإجراء البحوث . وأرسلت أدمغتهم المحفوظة في سائل حمضي بالبريد المستعجل ، وكأنها مواد حربية خطيرة ، إلى معهد القيصر ويلهام لأبحاث الدماغ في برلين وإلى معاهد أخرى^(٩٨) . وقد نشرت نتائج الدراسات حول هذه الأعضاء البشرية في المجلات العلمية المتخصصة ، كما عرضت في لقاءات علمية لم تعرض وقائعها أي دليل على احتجاج من قبل أي من الحضور . وقد جاءت الاحتجاجات بالدرجة الأولى من رجال الدين الذين كانوا يسجنون بسببها . ومازال بعض العلماء والأطباء الذين نفذوا هذه الأعمال على قيد الحياة ، يعيشون في عزلة مريحة ، ينظرون إلى ماضيهم كما يبدو باعتزاز لاشتراكهم في جريمة قتل جماعية^(٩٩) . ولكن توجد الآن حركة متنامية لجعل الشعب الألماني يعي هذه الأحداث الرهيبة . فهي تبرهن على أن العقل وحده ، من دون رحمة أو شفقة أو إحساس بالصحيح والخطأ ، لا يمكن أن يمنع الناس من ارتكاب أفظع الجرائم المروعة .

ولقد دافع العالم المجري المولد جون فون نيومن بعد الحرب العالمية الثانية ، وعندما كانت الولايات المتحدة تحتكر القنبلة الذرية ، عن فكرة أن هذه القنبلة يجب استعمالها لضرب الاتحاد السوفيتي ضربة تجعله عاجزا عن تطوير قنبلته الذرية . ولحسن الحظ فإن الشفقة قد تغلبت على هذه الحجة السمجة التي ما كانت لتعجز عن قتل الملايين الجريحة أنهم يعيشون في ظل نظام خاطئ . ولقد تحقق المزيد والمزيد من السياسيين أخيرا من أنه لا توجد حرب يمكن أن تجعل العالم آمنا سواء للرأسمالية أم للشيوعية أم لأي عقيدة عسكرية أو جنس ، لأن أخطار الحرب الذرية أكبر كبرا لا متناهيا من أخطار حوادث محطات الطاقة النووية . ويمكن لقنبلة نووية حمرارية أن تقتل عدة ملايين من الناس ، والكثيرون منهم يموتون ببطء وبآلام رهيبة . وهي تترك ٥٠ ألف كيلومتر مربع من الأرض غير قابلة للسكنى لمدة شهر ، ومنها ٣ آلاف كيلومتر مربع تظل غير قابلة للسكنى لمدة سنة^(١٠) . ولن يجد الباقون الذين يعيشون في أي ملجأ (مهما كان) مكانا يذهبون إليه ليس يميتا بإشعاعاته ، أو طعاما يأكلونه وليس ملوثا بالإشعاع . ولدى كل من الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي نحو عشرة آلاف من هذه القنابل ، ولا يزال يصنع منها المزيد باستمرار وبما يكفي لأن يقتل كل طرف من الطرف الآخر معظم سكانه ويجعل القسم الأعظم من أراضي العالم القابلة للزراعة مجذبة وغير قابلة للسكنى .

فعلى كل إنسان ذي حس سليم أن يشارك بمنع هذه الكارثة . أما الشبان الذين يتظاهرون الآن احتجاجا على محطات الطاقة النووية ، فإنهم يحسنون صنعا لو ركزوا احتجاجهم على الفيزيائيين الذين يظنون يفرضون على الجيش أسلحة جديدة ، وعلى الصناعيين الذين يتنافسون على صنعها وعلى الاستراتيجيين الذين يبتكرون أهدافا جديدة لها ، وعلى السياسيين الذين يعتقدون أنها ستعزز قوتهم^(١١) .

إن حربا نووية سوف تدمر كل شيء كان قد شيد خلال قرون ، ولكن من دون أن تعطينا سلطة للتحكم في ما يمكن أن ينبعث من الرماد . هذا إذا انبعث شيء منه . فعلىنا أن نعمل على تطبيق العلم من أجل السلام وأن نسعى إلى توزيع خيرات على الجنس البشري كله توزيعا أكثر عدلا .



القسم الثاني

علماء كبار

مكتشفو البنسلين^(*)

قلة هم الذين يعرفون أنه كان هناك إلى جانب السباق على إنتاج القنبلة الذرية ، التي قتلت بعدئذ مئة ألف إنسان تقريبا ، سباق آخر سعى فيه العلماء في إنجلترا إلى إنتاج عقار لإنقاذ حياة الملايين . وكتابنا «الرجل والأسطورة» يحكي قصة إسكوتلندي غريب الأطوار ، وقصة اكتشافه العرضي الذي أطلق العنان لهذا السباق . كان اسمه ألكسندر فلمنج ، وكان يعمل جراثيميا (بكتريولوجيا) في أحد مستشفيات لندن ، وقد وجد في عام ١٩٢٩ أن أحد الأطباء التي زرعت فيها جراثيم المكورات العنقودية (الستافيلوكوكسي) أصبح ملوثا بالعفن . وبدلا من أن يتخلص منه ، كما يفعل الآخرون ، لاحظ فيه شيئا غير عادي . فقد نبتت في كل مكان مزارع من المكورات إلا بجانب العفن ، حيث رأى رقعة نظيفة . عندئذ زرع العفن ، فاكتشف أن المرق المصفى منه كان يوقف نمو عدة أنواع من الجراثيم المميتة . ولكن اكتشافه هذا لم يحدث عند نشره سوى هزة ضعيفة في الوسط العلمي ، كما لم يفعل بعدئذ هو نفسه بشأنه سوى القليل .

وبعد تسع سنوات رجع إرنست تشين (وهو بيوكيميائي ألماني كان في جامعة أكسفورد) إلى بحث فلمنج وقرر مع أستاذه عالم الأمراض الأسترالي هوراد فلوري اكتشاف طبيعة المادة الفعالة في مرق فلمنج والطريقة التي توقف بها نمو الجراثيم . وبعد مجهود مضن استحصل تشين وعدد من زملائه على كمية ضئيلة مما اعتقدوا أنه المادة النقية الفعالة الناتجة من غالونات المرق ، وأعطوها لفلوري لكي يختبرها . وفي مايو ١٩٤٠ ، وفي حين كان الجيش البريطاني المهزوم يجلو عن فرنسا ، أعلن فلوري وفريقه عن نصر رائع . فقد

(*) إطلالة على حياة ألكسندر فلمنج من كتاب Alexander Fleming: The Man and the Myth, by Gwyn Macfarlane (London: Chatto & Windus, The Hogarth Press, 1948).

حقن فلوري عددا من جراثيم المكورات العقدية (الستريكو كوكسي) المميتة في ثمانية فئران . وحقن بعدئذ خلاصة العفن في أربعة منها وترك الأربعة الباقية من دون معالجة . فظلت الفئران المعالجة معافاة وماتت غير المعالجة في اليوم التالي . وكانت تلك أولى الخطوات في الحصول على بنسلين نقي والتحقق من قواه العلاجية التي لا نظير لها . وكانت النتيجة أن أصبح فلمنج بطلا عالميا ، في حين أن أسماء فلوري وتشين وزملائهما ظلت مجهولة خارج الوسط العلمي .

ولقد كتب ماكفرلين قصة علمية مثيرة روى فيها مجموعة الأحداث التي لا تكاد تصدق ، والتي قادت فلمنج إلى اكتشافه . وبين بعدئذ لماذا لم يتعرف أحد ولا حتى فلمنج نفسه أهمية اكتشافه . ومع أنه ترك الاكتشاف للآخرين ، فقد حصد الشهرة كلها تقريبا . وكتاب ماكفرلين (الذي نحن بصددده) هو الجزء الآخر من مؤلف سابق له ، مشير أيضا مثله ، عرض فيه السيرة الذاتية الرائعة لهوارد فلوري^(١) .

كان ألكسندر فلمنج الابن السابع من ثمانية أطفال لعائلة سعيدة تجمعها أواصر القرابة وتعيش في مزرعة تملو ٨٠٠ قدم فوق سطح تلة اسكوتلندية جرداء تذررها الرياح . ويصف ماكفرلين موطن طفولة فلمنج بكل ما في التفصيل الحي من غنى المحبة والحنان ، حتى وكأنه يعكس طفولته هو . ولما كان الابن البكر لعائلة فلمنج هو الوارث للمزرعة ، لذلك لم يكن أمام الإخوة الأصغر سوى البحث عن ثروتهم في لندن ، لأن «الإسكوتلنديين في وطنهم عليهم أن ينافسوا إسكوتلنديين آخرين طموحين وأحسن تعلما ، في حين أن معظم منافسيهم في إنجلترا هم مجرد إنجليز» . وعندما بلغ فلمنج الثلاثين من عمره لحق بأخيه غير الشقيق (توم) الذي كان يعيش في لندن حيث يعمل طبيب عيون له شهرته ، وهناك التحق بمدرسة تجارية ، وحصل بعدئذ على وظيفة كاتب في الخطوط الأمريكية . ولقد حرّض اندلاع حرب البوير^(٢) إخوة فلمنج على التطوع في فرقة لندن الإسكوتلندية من دون أن يُرسلوا أبدا إلى جنوب أفريقيا ، ولكن فلمنج صار ماهرا في الرمي بالبندقية ،
(*) من المعروف أن حرب البوير نشبت بين المهاجرين البريطانيين والمهاجرين الهولنديين في جنوب أفريقيا .

وفي إحدى المرات لعب في مباراة بولو الماء ضد فريق كلية الطب بمستشفى سانت ماري .

وقد قال أحد أصدقاء فلمنج وزملائه في تأيينه :

«إذا نظرنا إلى مسيرته المهنية ، وجدنا أن عددا من الحوادث العرضية التي لاصلة لها بهذه المسيرة في الظاهر ، قد حيكّت في شبكة حياته بحيث كان ممكنا من دون أي منها ألا تواتيه فرصة الوصول إلى الأوج . فاختياره لمهنته ، واصطفاهو لمدرسة طبية ، ثم انصرافه إلى علم الجراثيم (البكتريا) ولقاؤه ألروث رايت ، وطبيعة العمل الذي قاما به معا ، والمصادفة المواتية في الرمي ، والمصادفة المواتية أيضا في العفن ، كل هذه الأحداث ، لا يمكن حتما أن تكون مجرد مصادفة ، إنما يمكننا إلى حد ما أن نرى فيها إصبع الإله تشير إلى الاتجاه الذي يجب أن تتخذه مسيرته المهنية في كل تحول لها» .

لقد كانت مباراة بولو الماء أول هذه الأحداث العرضية العديدة الصلة ظاهريا ، لأن توقع الحصول على إرث قدره ٢٥٠ جنيها إسترلينا ، بعد ذلك بقليل ، جعل فلمنج يقرر ترك عمله الممل ليسير على خطى أخيه الأكبر في الطب . ولكن أيا من مستشفيات لندن الاثني عشر التعليمية عليه أن يدخل ؟ لاشك أنه بعد المباراة سيكون مستشفى سانت ماري .

يبدو أن الإخوة فلمنج جميعهم كانوا ذوي قدرات عالية . ففي عقل فلمنج الاصطفائي النفاذ ، كانت كل الوقائع مرتبة ترتيبا منطقيا يسهل تذكرها . فقد حفظ من دون جهد كما هائلا من التفاصيل الطبية والمصطلحات اليونانية واللاتينية المطلوبة لامتحانات الطبية ، وحصد كل الجوائز . وفي نهاية دراسته كان باستطاعته أن يعمل طبيبا مقيما في أي مستشفى من مستشفيات لندن ، ولكن شاءت المصادفات أن يكون أحد نجوم نادي مستشفى سانت ماري للرواية . فكان تركه للنادي يعني إضاعة فرص الفريق في ربح مباراة مجزية لنيل الكأس . ولذلك وُظف للعمل مساعدا مبتدئا في قسم التلقيح في مستشفى سانت ماري . وقد دخل هذا القسم لا شيء إلا ليكسب عيشه . ولكنه بقي هناك للأعوام التسعة والأربعين التالية .

كان يهيمن على ذلك القسم السير ألروث رايت الذي تربى (بصفته ابنا لـخوري من يوركشاير) ، «في جو جعله ، بما فيه من ثروات فكرية وفقر

مادي ، أنسب ما يكون للنمو العقلي » . وعندما كان طيبيا شابا ، ألهم حماسه لقاح باستور المضاد للكلب ، وقرر عندئذ أن يوسع عمل باستور إلى أمراض أخرى . وكادت تجربته على نفسه للقاحه الأول المضاد للحمى المالطية أن تقضي عليه ، ولكن لقاحه الثاني المضاد للحمى التيفية الذي جربه ببطولة مرة ثانية على نفسه كان ناجحا . وعلى الرغم من نجاحه المباشر لم يشأ الفريق الطبي للجيش أن يبيع لرايت تلقيح أكثر من عدد قليل من الجنود إلى حرب البوير « لأن الأفكار الجديدة كلها تأخذ دائما منحى يشير الرفض تلقائيا من قبل التيار المهني المحافظ والراسخ » . فكانت النتيجة أن قتل التيفويد جنودا أكثر مما قتل العدو . وكان رايت مقتنعا بأن اللقاح لا يمكنه الوقاية فحسب من أمراض جرثومية عديدة لم يكن لها علاج فعال ، وإنما يمكنه أيضا شفاؤها . وقد ظل حتى آخر حياته يعمل جاهدا ولكن بطريقة غير مناسبة ، على إثبات هذه الفكرة . وكان رايت هو الذي كوّن قسم التلقيح في مستشفى سانت ماري ووفر بذلك المكان الملائم لعمل فلمنج . وكان القسم يشغل عُرفا صغيرة مكتظة ، ولكنه كان مكانا سعيدا ، لأن « تحمل المشاق المشتركة في سبيل غرض عام ، فيه ما يعزز العلاقات الشخصية المريحة بدلا من الخلاف » .

كان السبب في تخصص فلمنج بعلم الجراثيم هو الحرب العالمية الأولى ، فحينها عين رايت ومساعدوه في مستشفى عسكري مثير للقلق في بولونيا^(*) . ومنذ أيام اللورد ليستر^(**) سارت المؤسسة البريطانية الطبية على الاعتقاد بفعالية المطهرات (مانعات العفونة) في معالجة الجروح ، ولكن رايت وفريقه وجدوا أن المطهرات تجعل جروح الجنود أكثر تقيحا ، و« قرروا أن يكتشفوا السبب في أن الكيماويات التي تقتل الجراثيم في أنبوب الاختبار في دقائق قليلة ، تفشل في فعل ذلك في الجراح » . لقد قاد هذا السؤال فلمنج إلى أول قسم مهم من بحثه . فقد قام أول الأمر بتحديد نوعية البكتريا (الجراثيم) المسؤولة عن خمج الجروح ، وبرهن برهانا أثيقا على أن المطهرات في الجرح المفتوح ، كحمض الكربوليك ، كانت تقتل كريات الدم البيضاء

(*) مدينة في شمال إيطاليا .

(**) Lord Joseph Lister (١٨٢٧ - ١٩١٢) جراح بريطاني كان أول من استخدم مضادات

العفونة (المطهرات) في الجراحة .

التي هي أساس دفاع الجسم عن نفسه ، وترك البكتريا ، التي أخفت نفسها في الأنسجة ، لتعيش . فأنار رايت استنادا إلى قوة اكتشاف فلمنج حملة لإجراء تغيير في معالجة الجروح ، ولكن المؤسسة الطبية المحافظة خذته مرة ثانية . وقد شذعت عندما قرأت أن الأطباء استمروا في حقن مرضى السبتيسيميا Septicemia (أي تجرثم الدم) بالمطهرات ، حتى إنهم كانوا يغطون أنوف المسلولين السيئي الطالع وأفواههم بأقنعة منقوعة في الكريوزوت (زيت القطران) ، وذلك لاعتقادهم الخاطئ بأن هذا المركب الكريه سيقتل الجراثيم في رئائهم . فكان هذا مثالا مروعاً آخر على تصميم الأطباء على إلحاق العذاب في مرضاهم من أجل معالجات تحفل بها النشرات الطبية وهي وضوحاً عديمة الفائدة .

إن قدر الجرحى المرعب في بولونيا ولد في ذهن فلمنج الحاجة إلى مطهر ينفذ في الجرح ويترك في الوقت نفسه كريات الدم البيضاء حية فعالة . ولكن أولى معالجات الجرحى بالبندسلين كانت لشديد الأسف توحى بأنها تحقق الشرط الثاني فحسب ، ولولا ذلك لأمكن للبندسلين أن يصبح متاحاً في وقت أسبق يصل إلى اثني عشر عاماً .

وعندما انتهت الحرب ، واصل فلمنج عمله في ميدان الجراثيم في مستشفى سانت ماري . وبعد ثلاث سنوات توصل إلى أولى ملاحظتيه اللتين قدر لهما أن تغيرا تاريخ الطب . ولكن دفتر ملاحظات فلمنج ، المحفوظ حالياً في المتحف البريطاني ، يعجز عن وصف كيفية حدوث ذلك ، لذلك يستشهد ماكفرلين برواية شاهد عيان :

« كان فلمنج يعتقني منذ الصباح الباكر على فرط ترتيبتي في المختبر ، فقد كنت أنظف منصتي في نهاية كل يوم عمل ، وأعيد ترتيبها لليوم التالي ، فأرمني الأثاييب وأطباق المستنبتات التي لم يعد فيها فائدة لي . أما هو ، فكان يترك مستنبتاته . . لأسبوعين أو ثلاثة إلى أن تنخم بأربعين أو خمسين مستنبته ، ويعدئذ ، حين يريد التخلص منها ، كان قبل كل شيء ينظر إليها واحدة فواحدة ليري إن كان قد نما فيها شيء يلفت النظر أو غير مألوف . وكنت أستقبل مضايقته بالروح التي توجه بها إليّ . على أن النتيجة أتت لتثبت كم كان على حق ، لأنه لو كان مرتباً مثلما كنت أبذله ، لما حقق أبداً

اكتشافه العظيمين - اليزوزيم والبنسلين . «ولدى قيامه في إحدى الأمسيات بالتخلص من مستنبتاته ، تفحص إحداها لبعض الوقت ، ثم أطلعني عليها وقال : هذا مثير للاهتمام . كان الطبق (المقصود) هو أحد تلك الأطباق التي زرع فيها مخاطا من أنفه منذ ما يقرب من أسبوعين ، أي حين كان يعاني الرشع . كان الطبق مغطى بمستعمرات صفراء ذهبية من الجراثيم . وكان من الواضح أنها تلوثات غير مؤذية أتت من هواء المختبر أو من غباره ، أو نفختها عبر النافذة ريح أتت من شارع قريب . كانت السمة البارزة في هذا الطبق أنه لم يكن هناك جراثيم بالقرب من بقعة المخاط الأنفي ، بينما كانت هناك في مكان بعيد عنها منطقة أخرى نمت فيها الجراثيم ، ولكنها أصبحت نصف شفافة وزجاجية وعديمة الحياة في الظاهر . وفيما عدا هذه أيضا كان النمو بأجلى قوته ويتألف من مستعمرات عاتمة نموذجية . فكان من الواضح أن المخاط الأنفي قد نشر شيئا منع به الجراثيم من النمو بقرية ، وأنه بعد هذه المنطقة ، قتل الجراثيم ، التي سبق أن نمت ، وحلها .

وجد فلمنج أن اللعاب والدمع وبياض البيض أيضا تحمل الجراثيم ، وأن هذه السوائل لا تؤذي خلايا الدم البيضاء . مما جعله يتعجب من أن الحيوانات نفسها تصنع المطهر المثالي الذي كان الجميع يبحثون عنه . وقد ثبت أن هذا حلم مزيف ، لأن فلمنج تحقق بعد قليل من أن مخاط الأنف والدمع يدعان الجراثيم المسببة للمرض سليمة . فقد ثبت أن الجراثيم التي انحلت هي من نوع وحيد ، وأنها كانت قد تسربت إلى الغرفة من حيث لا يدري أحد . وقد سماها رايت الذي كان عالما تقليديا ، جرثومة ليزوديكتيكوس Bacterium Lysodeicticus وسمى المادة المؤثرة المجهولة في أنف فلمنج ليزوزيم - Ly-sozyme ، وقد ظل فلمنج يدرس هذه المادة لسنوات عديدة ، حتى بعد اكتشافه للبنسلين ، وذلك بأمل أن يتاح لها أن تسفر عن قيمة علاجية . ولكن نظرا لجهله بالبيوكيمياء (الكيمياء الحيوية) لم يكتشف قط ماهيتها ولا كيفية عملها . ثم ثبت أن هذا الإهمال (للجانب البيوكيميائي) كان حاسما بالنسبة للتطورات التالية .

وإذا كان اكتشاف اليزوزيم أصبح ممكنا نتيجة لوضع جرثومة نادرة غير معروفة حتى ذلك الحين على منصة فلمنج ، فقد نجم اكتشاف البنسلين عن

مزيج من الظروف غير المحتملة والبعيدة عن التصديق . ولا يعطينا فلمنج نفسه عنها في وصفه الموجز في المجلة البريطانية لعلم الأمراض التجريبي لعام ١٩٢٩ أي تلميح :

«بينما كنت أعمل على (مغاييرات) variants من المكورات العنقودية ، كان هناك عدد من أطباق المستنبتات موضوعة جانباً على منصة المختبر ، وكان يتم فحصها بين حين وآخر . وعند الفحوص ، لا بد أن تلك الأطباق تعرضت للهواء وأصبحت ملوثة بمتعضيات مجهرية (مكروية) متنوعة . فلو حظ أن مستعمرات المكورات العنقودية حول إحدى مستعمرات العفن الملوثة الكبيرة ، أصبحت شفافة . وكان من الواضح أنها سائرة نحو الانحلال (التحطم)» .

ولكي يكاثر علماء البكتريا ، المتعضي المجهرى الذي يريدونه ، يطبخون مرقاً مغذياً ، ويصبونه في صحن دائري قطره ٤ إنشات ، ويتركونه ليجمد ويصبح هلامياً . ثم يثقبون الهلام لمرات عديدة بسلك من البلاتين سبق أن غمس في مستنبتة سابقة للمتعضية نفسها . وأخيراً يسخنون الصحن لمدة يوم أو نحوه في فرن تظل حرارته هي حرارة الجسم . وبعد عدة سنوات من الحادث حاول رونالد هير ، الذي كان مساعداً في قسم التلقيح في ذلك الوقت ، أن يعيد اكتشاف البنسلين بتحضير مستنبتة زرع فيها المكورات العنقودية بهذه الطريقة تماماً ، ولوث بعدئذ المستنبتة بعفن فلمنج^(٢) ، فلم يحدث العفن أي تأثير ! إذ كان على هير ، لكي ينتج الرقعة الشفافة التي وجدها فلمنج ، أن يزرع العفن في الصحن قبل أن يزرع فيه المكورات العنقودية ، ولكنه واجه هنا مشكلة أخرى : وهي أن العفن لا ينمو في حرارة الجسم ! فما الذي يمكن أن يكون قد حدث ؟

في عام ١٩٢٨ طُلب إلى فلمنج أن يكتب في كتاب مرجعي فصلاً عن المكورات العنقودية ، فحاول لتحقيق هذا الغرض أن يكاثر بعض سلالاتها الشاذة التي ذكرتها كتابات الطب . وساعده على ذلك أحد تلاميذه ، ويدعى د . م . برايس . وكان فلمنج بطبيعة الحال ، وجرياً على عادته ، يقوم بتحضير مستنبتات جرثومية عديدة ويتركها مبعثرة على منصته . وقد أخبر برايس زميله هير أن فلمنج كان قد جمع كل هذه المستنبتات ، قبل رحيله في

إجازة ، في إحدى الزوايا لكي يفسح لبرائس مجالا يعمل فيه . ثم ذهب برائس نفسه بعد ذلك في إجازة مع هير . وعاد فلمنج قبلهما . وعندما عاد برائس كان فلمنج قد كوم مستنبتاته في خوان للتطهير . فالتقط فلمنج بعض هذه المستنبتات وأراها لبرائس . ويذكر هذا أنه رفع أحد الأطباق ، ونظر إليه ، ثم قال بعد برهة « هذا مضحك » . فكان هذا هو الطبق الشهير الآن الذي أشير إليه في الفقرة الافتتاحية من هذه الدراسة .

ولكي يفسر هير ما حدث ، بحث عن درجات الحرارة المسجلة خلال صيف ١٩٢٨ ، وافترض أن كل ما فعله فلمنج هو أنه ترك المستنبتات على منصته بدلا من أن يودعها قبل رحيله في الحاضنة . وقد أظهر التسجيل أن درجات الحرارة كانت في الشهر الثامن بين ٦٠ و ٧٠ (*) درجة فهرنهايت ، وهي درجة مناسبة لنمو العفن وحده ، وبعد ذلك ارتفعت درجات الحرارة إلى ما بين ٧٠ و ٨٠ درجة فهرنهايت التي هي ملائمة لنمو المكورات . ولكن من أين أتى العفن ؟ لقد تبين أنه متعضية نادرة ، فمن غير المرجح أن تكون قد دخلت عبر النافذة التي كان فلمنج نادرا ما يفتحها على كل حال .

وقبل ذلك بعدة سنوات كان أحد الهولنديين المتخصصين بالحساسية قد ألقى محاضرات في لندن عرض فيها النظرية المقبولة حاليا بأن بعض المرضى يعانون الربو asthma لأنهم يتحسسون من العفن . فكانت النتيجة أن كلف رايت أحد المختصين الإيرلنديين بالفطور هوج سي . لاثوتش أن يعزل بعض أنواع العفن من المنازل التي يسكنها مرضى بالربو ، بحيث يمكن تحديد هوية العفن والخلاصات المستخرجة منها للتخفيف من معاناة المرضى . ولما كانت العفونات تنتج آلاف الأبواغ spores التي تنتقل بالهواء ، لذا كان علماء الفطور يستنبطونها عادة تحت أغشية مزودة بمرشحات لتجميع الأبواغ . ولكن رايت كان مواليا للتقليد البريطاني المتقشف في البحث ، فجعل لاثوتش ينمي عفنه في مختبر آخر مفتوح لا توجد فيه سوى طاولات . وبمحض المصادفة كان هذا المختبر تحت مختبر فلمنج مباشرة . والحقيقة إن لاثوتش هو الذي عرف أن عفن فلمنج ينتمي إلى طائفة البنسيليوم *Penicillium* ؛ ولكنه لم يكن واثقا من أنه أتى من مجموعته . أما هير وماكفرلين فكان رأيهما أن

(*) تعادل ما بين ١٦ و ٢١ درجة مئوية .

هذا المصدر هو الأكثر رجحانا . وخلص هير إلى أن :

«تلك إذن هي ما أرى أنها كانت صورة الأوضاع التي أدت إلى اكتشاف البنسلين . إنها حقا ملاحظة عرضية ، ولكنها تتوقف في واقع الحال على سلسلة كاملة من الحوادث غير المترابطة في الظاهر ، وهي : وقوع الحيار على فلمنج لأن يكتب فصلا في كتاب ، والبحث الذي نشر في إحدى المجلات العلمية مما حثّه على إجراء المزيد من التحريات ، ومحاضرات الطبيب الهولندي التي أدت إلى تعيين عالم بالفطور وأن يعمل هذا العالم في مختبر يقع مباشرة تحت مختبر فلمنج ، والذي كان صاحب الحظ السعيد في فصل سلالة قادرة على إنتاج البنسلين ، وألا تكون لدى فلمنج الوسائل الملائمة بحيث أصبح الجو مفعما بالأبواغ ، وأن يكون قد نسي ، كما يرجح ، وضع طبق مستتبته في الحاضنة أو أهمل عمدا عمل ذلك ، وكون مختبره الخاص حساسا حساسية مميزة بالنسبة للحرارة الخارجية ؛ وحدث موجة برد في وقت من العام غير ملائم عادة للاكتشاف ، والزيارة التي قام بها برايس لفلمنج والتي جعلت فلمنج يعيد النظر في طبق سبق أن تفحصه ورماه ؛ وإفلات هذا الطبق من التحطيم لأن طرق التخلص من أطباق المستنبتات المستعملة كانت غير صحيحة على الإطلاق . إن سير هذه الأحداث كلها في مسارها الصحيح ، وضع أمام يقظة فلمنج ظاهرة لا يمكن إحداثها الآن أيضا إلا إذا كانت الشروط التي تنفذ فيها التجربة سليمة مئة في المئة . ولو أن حلقة واحدة من سلسلة الأحداث هذه كانت مكسورة ، لأضاع فلمنج فرصته المواتية في الاكتشاف .

وإذا كان الاكتشاف العلمي يتوقف جزئيا - كما كان يقول بول إيرلنغ(*) عادة - على المال Geld ، وجزئيا على الصبر Geduld ، وجزئيا على المهارة Geschick ، وجزئيا على الحظ Glück ، فقد كان آخرها هو المسؤول كليا تقريبا عن اكتشاف البنسلين . بل من المؤكد أن هذا الاكتشاف هو المثال الأمثل في تاريخ العلم كله ، على الدور الذي يمكن أن تؤديه المصادفة في تقدم المعرفة»(3) .

(*) (١٨٥٤-١٩١٥) يكتسريولوجي (عالم في الجراثيم) ألماني مُنح جائزة نوبل للطب والفيزيولوجيا عام ١٩٠٨ .

والحقيقة أن «هير» لم يشأ أن يذكر أن المصادفة لا يبرز دورها إلا في وسط استنبات فيه شيء من عدم الترتيب ، لذلك لم يكن بالإمكان أبداً أن يتحقق الاكتشاف في مختبر إيرلخ الألماني .

كان إعلان فلمنج الأول لزملائه في مستشفى سانت ميرى فاشلاً مثله مثل المحاضرة التي ألقاها بعد هذا الإعلان أمام جمهور واسع (والتي لم تترك أي أثر كما سنرى) . ولتتابع ما ذكره هير مرة أخرى :

«كان (فلمنج) قد أطلق عادة الانغماس في فترة تسكع صباحية تتضمن زيارة المختبر الكبير الذي كنت أعمل فيه . وكانت طريقته في النسيمة مختلفة عما هي عند معظم الناس . فقد كانت تستلزم عادة أن يحتل مكاناً مقابل الموقد ، ويداه في جيبيه ، وسيجارة تتدلى من بين شفتيه ونظره شارد في الفضاء . ونادراً ما كان يتفوه بشيء ، وإذا تفوه يكون ذلك عادة بأقل عدد من الكلمات ، ويمكن أن يتعلق بأي شيء ، فمثلاً : مات فلان ؛ أو ذاك الذي ، ما اسمه (لا أذكر) ، تحاقق مرة ثانية ، أو ما حال أسهمك في (شركة) سنيا فيسكوزا؟

أما في هذه المناسبة ، فلا النسيمة على طريقة فلمنج ولا أمور المال الكبيرة هي التي طغت (على الجلسة) ، بل الحديث عن طبق المستنبطة الذي أصبح شهيراً الآن والذي قاد إلى الاكتشاف . وأما الباقي منا ، فلا يهم كانوا منهمكين في الأبحاث التي بدت لهم أكثر أهمية بكثير من طبق استنبات ملوث ، فقد اكتفوا بالقاء نظرة سريعة عليه ، معتقدين أنه لم يكن أكثر من عجيبة أخرى من عجائب الطبيعة التي كان يبدو أن فلمنج دائم الكشف عنها ، ثم نسوا فوراً كل شيء عنه » .

وجد فلمنج أن مرقه منع نمو المكورات العنقودية والمكورات العنقودية التي تخمج الجروح ، وكذلك المتعضيات المسؤولة عن السيلان والتهاب السحايا والحنثاق (الدفتريا) ، ولكنه لم يمنع نمو جرثيم التيفويد ، وشبيه التيفويد par-atyphoid ، والجحمة ، والإنفلونزا الناعورية (النزفية) Hemophilus in-fluenzae التي تدعى أيضاً عصيات پفيثّر Pfeiffer's bacillus ، وهي المتعضية التي كان يُظنّ (خطأً) أنها سببت وباء الإنفلونزا بعد الحرب العالمية

الأولى . ولم يكن المرق مؤذيا لكريات الدم البيضاء ، وكان بالإمكان حقنه في الفئران والأرانب من دون عواقب ، بل إن بالإمكان أكل العفن نفسه دون أن يخلف آثارا مرضية .

وليس ثمة تحليل لماذا فشل فلمنج - بعد أن أجرى هذه التجارب - في اتخاذ الخطوة التالية الواضحة ، وهي الخطوة التي أمكن لفلوري Flory أن يقوم بها بعد اثني عشر عاما ، وأعني بها اكتشاف إن كان حقن مرقه في الفئران ، يحميها من الخمج المميت (وقد قدر ماكفرلين أن تركيز البنسلين في مرق فلمنج كان كافيا لنجاح تجربته) . ولكن فلمنج استعمل مرقه عوضا عن ذلك استعمالا خارجيا على عدد قليل من المرضى ، فكانت نتائجه مشوشة مما أصابه بالإحباط . إضافة إلى أن نتائج طبيين شابين ، حاولا الحصول على المادة الفعالة من المرق ، كانت أكثر تشيطا للهممة ؛ إذ وجدا أن هذه المادة تفقد فعاليتها بسرعة فيما لو حفظت في الماء أو الكحول ، بل وبسرعة أكثر في الدم (وقد ثبت فيما بعد أن هذا الاكتشاف غير صحيح) ، وكانت تطرح مع البول عند حقنها في الحيوانات بعد أقل من ساعتين ، في حين أن تأثيرها المضاد للجراثيم يحتاج إلى أربع ساعات للقيام بمفعوله . فكان الأمر بالنسبة لفريق فلوري أشبه بملء مغطس حمام بالوعته منزوعة . وقد تكونت لدى فلمنج الفكرة الخفية للأمل بأن البنسلين لن يكون له بعد ذلك قيمة استطبابية أكثر من الليزوزيم ، ولكنه وجد له استعمالا آخر ، وكان هذا هو الوحيد الذي ذكره في أولى محاضراته عن البنسلين التي كانت تحمل عنوانا لا تكاد تصدق قتامة معانيه وغموضها وهو «وسيط لعزل عصيات بيفير» .

وقد ظل قسم التلقيح قائما ، لا بفضل الإعانات التي كانت تدعم في تلك الأيام مستشفى سانت ماري ، وإنما بفضل بيع اللقاحات ، مثل معهد باستور في باريس . فقد فتح الطريق لصناعتها أول الأمراض الذي كان قد نقل هذه المسؤولية آنذاك إلى فلمنج . وكان من الصعب ، عند تحضير اللقاحات المضادة لعصيات بيفير ، إبقاء المستنبتات نظيفة من المكوّرات العنقودية الموجودة في كل مكان . فوجد فلمنج أن إضافة البنسلين تقوم بهذه المهمة . وقد شكل هذا التقدم التقني الصغير موضوع محاضرة فلمنج أمام نادي البحث الطبي في لندن ، الذي كان يرعى شؤونه السير هنري ديل ،

وهو فيزيولوجي رائد ومدير متمرس للمعهد الوطني للبحث الطبي . وكان هذا المعهد قد أسس لغرض خاص هو تطوير المعالجة الكيميائية : على أن حديث فلمنج لم يلق أي صدى ولم يثر أي تعليق أو نقاش . وقد عبر هير عن سبب ذلك بقوله : «إن فلمنج كان من أسوأ المحاضرين الذين سمعته في حياتي ، فهو غير قادر على التعبير عما في ذهنه بوضوح . . إن المحاضر من هؤلاء يمكن أن يقدم الحقائق للمستمعين برتبة فاترة خالية من كل طرافة أو حماسة » . ويذكر ماكفرلين أن فلمنج كان غالبا غير مسموع ، و«الأسوأ من ذلك ، أنه كان يعطي انطباعا بأنه هو نفسه قليل الحماسة لموضوعه»^(٤) .

على أن استخدام فلمنج للبَنسِلين كانت له نتيجة حيوية : فقد أمر بإنتاج المرق في قسم التلقيح أسبوعيا ، وأعطى بعض مستنبتات بنسليته لعدد من زملائه في مختبرات أخرى ، ومنهم جورج دير ، أستاذ علم الأمراض في أكسفورد الذي حافظت مساعدته (كامبل - رنتون) على استمرار المستنبتات طوال السنوات العشر التالية . أما فلمنج نفسه فلم يأت بعد ذلك على ذكر البنسلين في أي من ورقات أبحاثه السبع والعشرين أو في محاضراته التي نشرها بين عامي ١٩٣٠ و ١٩٤٠ ، وحتى حين كان موضوعه عن مبيدات الجراثيم (البكتيريا) . وهكذا كان من الممكن أن ينسى البنسلين لولا اكتشاف فلمنج المبكر لـ «الليزوزيم» .

كان هوارد فلوري أستراليا هاجر إلى إنجلترا عام ١٩٢٢ . وعند وفاة دير ، عين فلوري أستاذا لعلم الأمراض في أكسفورد . وقد كتب ماكفرلين الذي كان يعرف الاثنين : فلمنج وفلوري ، أنه ما كان من الممكن أن يوجد تفاوت أكبر مما هو بين الرجلين . فكلاهما كان مقتدرا إلى أبعد الحدود ، ولكن فلمنج كان هادئا موجزا في الكلام وقليل الطموح وشعبيا ، في حين كان فلوري «متوترا شبيها بنابض ملتف» وكان يعمل «كالدينامو» ويكون لنفسه أعداء ، وكان يشكو من سوء هضم مزمن جعله يهتم بتركيب الخاط الذي تفرزه القناة الهضمية والأمسجة الأخرى . وبعد وصوله إلى أكسفورد استخدم شابا ألمانيا لاجئا يعمل في البيوكيمياء يدعى إرنست تشين . ولما كان الليزوزيم موجودا في اللعاب ، اقترح فلوري على تشين أن يجد الآلية البيوكيماوية لهجوم الليزوزيم على الجراثيم . وسرعان ما حل تشين هذه

المسألة وتساءل بعدئذ : ألا يمكن للليزوزيم أن يكون مجرد ممثل لصنف واسع من المواد التي تظهر في الطبيعة والمبيدة للجراثيم (للبكتريا) . فجمع مراجع يقرب عددها من مثتي مقالة ، يرجع بعضها إلى عهد باستور الذي كان أول من أشار إلى إمكانيات العلاج العظيمة بالمضادات الجرثومية (البكترية) (٥) .

وبعد ذلك بعدة سنوات كتب تشين : «عندما رأيت مقالة فلمنج لأول مرة ، اعتقدت أنه كان قد اكتشف نوعا من عفن الليزوزيم» (٥) . ولكن لا يمكن أن يكون قد قرأ هذا المقال قراءة متأنية ، لأنها تؤكد أن البنسلين ينحل في الكحول ، في حين أن الليزوزيم هو بروتين ، وكل البروتينات غير قابلة للاندخال في الكحول . ولربما كانت هذه الخطيئة ضربة حظ أخرى لولاها لظل البنسلين في عتمة النسيان . لأن تشين اقترح عندئذ - ووافق فلوري على ذلك - جعل البنسلين جزءا من دراسة شاملة للمواد الطبيعية المضادة للجراثيم (٦) . ولم يكن فلوري هو ذلك الشخص الذي يحتاج إلى تحفيز من قبل تشين ، فقد كان عضوا في هيئة تحرير مجلة علم الأمراض التجريبي البريطانية عندما ظهر بحث فلمنج فيها . ولابد أنه لاحظ أهميتها . والأكثر من ذلك أنه كان أتى إلى أكسفورد من شيفيلد ، حيث كان أحد علماء الأمراض يزرع مستنبتات عفن فلمنج في القسم الخاص بفلوري ، وقد استعمل المرق لشفاء عيون وليدين كانت مخموجة بجرثومة السيلان gonococcus ، مثلما استعمله ليشفي عين مدير منجم فحم خمدت بجرثومة ذات الرئة pneumococcus . وتبعاً لماكفرلين ، لم يحصل عالم الأمراض هذا على تشجيع من قبل فلوري ، فتحلى عن بحثه حين لم يعد العفن ينتج البنسلين .

يعود الفضل إذا بمباشرة العمل الذي أدى إلى عزل البنسلين وإلى تجاربه السريية إلى تشين وفلوري ، حتى وإن اعترف تشين بعد ذلك بأنهما قاما بعملهما هذا لدوافع علمية بحثية أكثر منها دوافع طبية . ولم يكن الحصول على العفن يحتاج من تشين إلى أكثر من السير في الممر حتى الآسنة كامبل رنتون . أما الجهود الجبارة التي كانت ضرورية لإنتاج ولو بضعة أجزاء من ألف من الغرام من البنسلين ، من مرق العفن ، فقد ورد لها وصف حي في

bacterial antagonism (٨)

كتاب ماكفرلين (موضوع حديثنا) وفي ترجمته السابقة أيضا لسيرة حياة فلوري . ولم يتم التغلب على مسألة عدم استقرار البنسلين في محلول ، التي أعيت مساعدي فلمنج وكثيرين غيرهم أتوا بعدهم ، إلا مجددا بعد ابتكار تقنية التجفيف بعد التجميد . وعندما اكتشف فلوري أن البنسلين يمكن أن يشفي الفئران المحموجة حتى الموت ، صمم على اكتشاف ما يمكن أن يفعله البنسلين للإنسان . ولكنه احتاج للقيام بذلك إلى جرعة أكبر بثلاثة آلاف مرة تطلبت تحضير ٢٠٠٠ لتر من ترشيح العفن . وهكذا عمل هو وفريقه ليلا ونهارا ليحولوا مختبر الجامعة إلى مصنع . وعندما أوقف شح المواد في الحرب تزويد المختبر بأطباق واسعة ضخمة لزراعة العفن ، تدبر فلوري أمره بمئات «النونيات»(*) السريية . ولكي يزيد أيضا منحه من مستشارية البحث الطبي البريطانية ، طلب الدعم من مؤسسة روكفلر في نيويورك .

وعندما أخفق نشر نتائج تجاربه السريية الباهرة في مجلة The Lancet (المبضع) في إقناع السلطات البريطانية والشركات الصيدلانية بتوفير ما يلزم من موارد وجهود لإنتاج البنسلين ، ذهب إلى الولايات المتحدة ، حيث وجد مبعثاه : الحماسة والمال والمهارة والدراية . وهكذا أدارت رسالة فلوري آلة ضخمة بدأت حالا بإنتاج البنسلين على صعيد تجاوز «المعمل» الخاص بفلوري بآلاف المرات وبحالة أكثر نقاوة بكثير . وبما أن الـ ١٠٠٥ ، من الغرام من مركز مرق تشين التي حقنها فلوري في كل واحد من فئرانه الأربعة ، لم نحو ، كما تبين فيما بعد ، أكثر من جزء من البنسلين من أصل ٣٠٠ جزء من الشوائب ، فقد أجرى فلوري اختياره باستعمال ١ / ١٥٠٠٠٠٠٠ غرام فقط من البنسلين لكل فأر . وبحلول عام ١٩٤٥ ارتفع إنتاج أمريكا من البنسلين المتبلور النقي إلى ١٠٠ كيلوغرام في الشهر ، وهذه الكمية كافية لمعالجة جميع إصابات الحلفاء في الحرب بالمطهر المثالي الذي كان يحلم به فلمنج في عام ١٩١٩ .

كيف إذن كان رد فعل فلمنج تجاه نجاح فريق أوكسفورد؟ لقد دفعته قراءته لبحثهم في مجلة The Lancet إلى زيارتهم أمام دهشة بعضهم كما يقال ، لأنهم لم يوقنوا أنه كان حينذاك على قيد الحياة . فتفحص معهم

(*) bedpans ، أوعية يستعملها المرضى المقعدون للتغوط فيها وهم في أسرهم .

واستوعب كل شيء رآه أو سمعه ؛ ولكنه لم يقل شيئا ذا شأن على الإطلاق ، كما لم يسمعوا عنه شيئا بعد ذلك . وقد ظل هكذا إلى أن أدت تجاربهم السريرية الأولى إلى ظهور افتتاحية في المجلة الطبية البريطانية ، توجي بأن الإمكانيات العلاجية العظيمة للبنسلين لم يكن معترفا بها سابقا . وهذا ما دفع فلمنج لأن يفند المقال مستشهدا بجملة من ملخص مقالاته لعام ١٩٢٩ تقول «وإني لأقترح أن يكون (البنسلين) مطهرا فعالا في الاستعمال الخارجي أو عند الحقن في المناطق المخموجة بالجراثيم المتحسسة للبنسلين» . وهذا حق !

وسرعان ما عصفت الشهرة بعد ذلك عبر باب فلمنج وكأنها إحدى جراثيمه . فبعد نشر التجربة السريرية الثانية التي قام بها هوارد فلوري وزوجته إيثل ، حملت مجلة التايمز اللندنية افتتاحية حول العمل الذي تحقق في أكسفورد ، ولكن من دون ذكر الأسماء . فما كان من السير ألروث رايت ، الذي بلغ آنذاك الحادية والثمانين ، إلا أن كتب رسالة إلى التايمز يشير فيها إلى أن إكليل الغار يجب أن يوضع على جبين فلمنج ، لأنه هو الذي اكتشف البنسلين في القسم الخاص ببرايث . فسارع المراسلون الصحفيون إلى الإحاطة بمستشفى سانت ماري بحثا عن فلمنج ، وظهر بعدها في الصحافة العديد من المقابلات التي أجريت معه . فأعقب ذلك رسالة من السير روبرت روبنسون ، أستاذ الكيمياء في جامعة أكسفورد ، إلى مجلة التايمز يشير فيها إلى أن فريق فلوري يستحق على الأقل باقة من الزهور . فدفع ذلك فريقا من الصحفيين إلى فوري ، ولكن هذا رفض رؤيتهم حتى إنه منع أي عضو من فريقه من التحدث مع الصحافة . ولاشك في أن هذا التصرف يبدو للأمريكيين غير معقول ، أما في بريطانيا فكان العلماء الذين يبحثون في ذلك الوقت عن «الدعاية الرخيصة» في الصحافة اليومية ، يُنظر إليهم من قبل زملائهم بأنهم يحطون من قدر أنفسهم وقدر مهنتهم السامية . لذلك عماد الصحفيون إلى فلمنج الذي حدثهم عن عمله الخاص المبكر وعن إنجازات فريق أكسفورد أيضا . بيد أنهم أحاطوا فلمنج بهالة من الخيال وتجاهلوا الآخرين ، وبالعوا في ذلك لدرجة أنه حين تشارك فلمنج وفلوري وتشين بجائزة نوبل للفيزياء والطب لعام ١٩٤٥ ، جاء ذكر فلمنج وحده في العناوين ، بينما ورد ذكر فلوري وتشين بالخط الصغير .

وقد أمضى فلمنج السنوات العشر الباقية من حياته في جمع خمس وعشرين درجة شرف وست وعشرين ميدالية وثمانية عشرة جائزة ، وثلاثة عشر وساما ومواطنة خمس عشرة مدينة وعضوية شرف في تسع وثمانين أكاديمية وجمعية علمية . وقد قال أحد أصدقائه لماكفرلين إنه جمع من وسائل التكريم بعدد ما يجمع تلميذ المدرسة من الطوابع ، وإنه كان يستهجن لأي مكتسب نادر . وقد نادى به المعجبون العاطفيون كأعظم عبقرية علمية في جميع العصور ، وأصبح موضوعا لعدد من كتب السير التي توله الأبطال ، ومنها كتاب أندريه موروا الذي انتقده كل من هير وماكفرلين لتضليله وتزييفه^(٧) .

ويعرض الفصل الأخير من كتاب ماكفرلين تقويمه لفلمنج كرجل علم . ولكن الكتاب يخوي أيضا مادة تكفي لأن يكون منها القارئ تقويمه الخاص . وقد كتب بيتر مدور «إن البحث العلمي في أي درجة من درجات دأبه ، مشروع انفعالي ، فتأسيس المعرفة الطبيعية يتوقف قبل كل شيء آخر على النفاذ إلى ما يمكن تخيله ، ولكنه مازال غير معروف»^(٨) . ولقد كتب عالم القرن الثامن عشر الكونت رمفورد عن نفسه «إن الحماسة التي تلهب عقلي لا يمكن التحكم فيها ، لدرجة أن أي شيء يهمني يستغرق انتباهي كله ، وأتابعه بدرجة من الحمية التي لا تعرف التعب حتى لتقارب الجنون»^(٩) . وقد كان فلوري مندفعاً بمثل هذا الهوس ، أما فلمنج فلا ، فقد كان يعمل مثل كاتب في مكتب من التاسعة صباحاً حتى الخامسة مساءً . وفي هذه الساعة بالتحديد كان يأوي إلى ناديه الذي كان من أنظمته أنه «لا دراجات ولا كلاب ولا نساء يسمح لهما بالدخول إلى المبنى وملحقاته» ، وكان نادراً ما يعمل لأكثر من ست ساعات في اليوم ، ويقضي السبت والأحد في منزله الريفي . ولا يوجد في أي موضع من عمله دلالة واحدة على خيال ، كما لا يوجد عند كل من كتب سيرته الذاتية ، من ماكفرلين إلى سواه ، استشهاد واحد يوحى بالأصالة أو بالفضول المتأجج . ويقول ماكفرلين إن فلمنج كان لديه القليل من الأفكار الأصلية النابعة من ذاته ، ولم يكن يثق بأفكار الآخرين . والميزة الوحيدة التي جعلته يرتفع عن مستوى رتبة المحلل الجراثيمي في المستشفى

كانت حدة ملاحظته لأي شيء غير عادي ، التي استمدتها كما يعتقد
ماكفرلين من تطوافه وهوفتي في براري إسكتلندا الواسعة .

لا يمكن أن يقال عن فلمنج مثلما كتب لامبيدوسا Lampedusa عن الفهد
The Leopard «كان التملق ينساب منه مثلما ينساب الماء مبتعدا عن
منبعه» . ولكن لابد أنه كان واعيا لحدود إمكاناته ، لأنه ذكر مرارا لأحد
أصدقائه أنه لم يكن يستحق فعلا جائزة نوبل ؛ وقد كتب صديقه هذا
لماكفرلين أنه كان عليه أن يكبت رغبته في الإعراب عن موافقته على ذلك .
وكان فلمنج يقول عن نفسه إنه «كان يلعب بالجراثيم (البكتريا) ليس إلا» ،
وهذا صحيح بكل معنى الكلمة .

على أن الألفية الفكرية ليست الصفة الوحيدة التي يقام لها اعتبار ، ففي
عصر يتم فيه تجاهل القيم الإنسانية في أكثر الأحيان ، يكون باعنا على الأمل
أن نقرأ أن فلمنج نفسه ، وكل المشاركين الآخرين في ملحمة البنسلين ،
سلكوا أشرف مسلك . ففي عام ١٩٤٢ مثلا ، عندما مرض أحد مستخدمي
أخي فلمنج بالتهاب السحايا إلى حد الخطر ، استغاث هذا بفلوري ليمده
بالبنسلين . فجلبه فلوري إلى لندن ، ولكنه حذر فلمنج من أنه لم يكن قد
اختبر بعد حقنه في السائل النخاعي لدى الحيوانات . فما كان من فلمنج إلا
أن تجشم المخاطرة وشفي المريض . ثم نقل ملاحظاته إلى فلوري ليضمها في
نشرته حول التجارب السريرية ، الأمر الذي نفذه فلوري مع الاعتراف
بالجميل لفلمنج . وهذا تصرف كريم ما كان ليقوم به علماء آخرون . فأنا
أعرف أن تشين كان لاذعا حول شهرة فلمنج وافتقاره هو إليها . وقد أنبأني
بعض الطلبة مرة أنهم كانوا في محاضرة لتشين ، فسألتهم «عن ماذا كان
يتحدث؟» فأجابوا عن «كيف أن فلمنج لم يكتشف البنسلين» . والحقيقة أن
تجاهل الصحافة لتشين لم يكن خطأ فلمنج .

كان فلمنج أيضا رجلا شجاعا . ففي أثناء الغارات الجوية ، وحين أجلي
معظم العاملين في مستشفى سانت ماري عن لندن ، ظل فلمنج في مكانه ،
على الرغم من أن منزله قصف مرتين . كان صموتا لا يضحك أبدا ، ونادرا ما
يبتسم ، ولكن ماكفرلين يقول إنه كان يمتلك خصلة لا يعرف عنها توحى

بالحبة والاحترام . فقد جعله ولعه بالألعاب عضوا شعبيا في نادي تشيلسي للفنون . كما جعلت منه بساطته وجاذبيته بطلا شعبيا . ولربما كانت الصورة التي أعطاها مدورّ لرجل العلم غير مكتملة : فالنجاح في البحث مسألة مصادفة ، والاكتشافات العظيمة لا يحققها دائما مفكرون كبار . فبعضها يحققه حرفيون مهرة ، وبعضها يحققه حراس يقظون شديدو الانتباه ، حتى إن بعضها يحققه أشخاص عاديون يقومون بعمل منتظم لأنه مأجور . ولربما كان أسمى درس يمكن أن يتعلمه أهل العلم من كتاب ماكفرلين هو أن حلول بعض مسائلنا الكبيرة يمكن أن تظهر أمامنا بكل وضوح ، ونحن مع ذلك مكفوفو البصر عن رؤيتها .

عندما اختار ماكفرلين فلوري موضوعا لترجمة حياته ، وجد أن عليه أن يرسم صورة رجل ممتلئ بالحياة ، معقد ، فصيح اللسان وقوي البنية . في حين لم يكن لدى فلمنج شيء من هذه الصفات . إذ مهما تكن الأفكار التي كان قد كونها فإنها ظلت دون أن يعبر عنها . ومثل هذا الشخص لا يشكل موضوعات مجزية إلا إذا جملها الكاتب وزينها كما كان يفعل كتاب السير الأقدمون . ولقد رسم ماكفرلين صورة نزيهة صادقة ، وإن يكن قد احتال للأمر لكي يكتب قصة ممتعة . ثم إن هذه القصة جزء من تاريخ الطب لا يدور حول فلمنج نفسه بقدر ما يدور حول التفاعل المرهف والساخر أحيانا بين العلم والمصادفة ، والشخصيات التي هي المادة الأساسية التي صنعت منها الاكتشافات .



مكتشف نواة الذرة : (٥)

كان رذرفورد في مطلع شبابه واحدا من أبطال الأوائل . وبدلا من أن تفسد ترجمة ولسون حياة هذا الرجل العظيم المحبوب هذه الصورة المبكرة ، فقد أذكتها وعمقتها . فرذرفورد هو الرجل الذي أسس العصر الذري ، وهو ابن مزارع من نيوزلندا حملته أليته وطاقته الجبارة إلى رئاسة الجمعية الملكية التي هي من أرفع مراتب النبل والتكريم في العالم قاطبة . ولقد تتبع ولسون دربا طويلة ليرسم المسارات العقلية والفضول المتقد التي قادت رذرفورد إلى اكتشافاته العظيمة . فهو يرسم صورة رجل ضخم الجثة ، صاحب النشاط ، مذهل في قدرته ، منفتح على الناس ، مشير للمرح ، سريع الغضب ، لطيف المعشر ، كريم ، حنون ، ويشير فوق ذلك البهجة في كل من حوله عند متابعتة لتجاربه الفيزيائية ، ويشعر بالأسف لأجل «الشبان المساكين الذين لا يجدون مختبرات يعملون فيها» .

وصل رذرفورد إلى كامبردج في سبتمبر ١٨٩٥ ، أي قبل أشهر قليلة فقط من اكتشاف رونتجن للأشعة السينية واكتشاف بيكرول للنشاط الإشعاعي واللذين بشرا باقتراب ثورة في الفيزياء . وقد استفاد من الاهتمام البعيد النظر بالعلوم الذي شجع عليه الأمير ألبرت عام ١٨٥١ ، والذي تجلى في إقامة مؤسسة للمنع الدراسية . فوجد في كامبردج رجالا «أقوياء جدا وبخاصة في الحوار ؛ ولكن من المؤسف أن العديد منهم متحجرون» . وقد أدرك رذرفورد بسرعة أنه يستطيع بالنجاح العلمي وحده أن يجعل نفسه مقبولا اجتماعيا وقادرا على تأمين معيشته . وقد كتب لخطيبته في نيوزلندا أنه «لوا استطاع الواحد منا أن يحصل على دعم رجل مثل ج. ج. (أي ج. ج. تومسون الذي كان أستاذ كرسي كافنديش للفيزياء) لكان على ثقة شبه مؤكدة بالحصول على أي مركز» . والواقع أنه لم يعرف عن كامبردج سوى القليل ! فبعد ثلاث سنوات ، أي عندما انتهت منحة ، تقدم بطلب للتعين أستاذا للفيزياء في جامعة ماكجيل في مونتريال ، آملا أن «يدفع ذلك ج. ج. لأن

(*) (إطالة على حياة رذرفورد من كتاب (Rutherford: Simple Genius) تأليف دايفيد ولسون David Wilson (إصدار Hodder & Stoughton لندن ١٩٨٣) .

يسعى إلى الحصول على عمل لي في كامبردج . فقد أحصل على زمالة فيها هذا العام . ولكن لا شيء تحقق من هذه الأحلام . فمعظم اكتشافات رذرفورد العظيمة تحققت في مونريال ، ثم في مانشستر . وعاد إلى كامبردج عام ١٩٢٠ ليكون خلفا لـ تومسون في كرسي كافنديش ، ولكن بعد مفاوضات طويلة ، لأن السلطات الجامعية كانت ترى أن شرف أستاذية كامبردج يستحق تخفيضا كبيرا في الراتب . وفي هذا الصدد يشير رذرفورد إلى أن العائق الرئيسي كان في سيطرة أصحاب التخصصات الأدبية في جامعة كامبردج ، وسعيهم لتحجيم ما ينفق على الأغراض العلمية . ولم يتغير هذا الوضع (٥) .

رأيت رذرفورد لأول مرة في خريف عام ١٩٣٧ في ندوة بحثية عقدها صديقه العالم النظري الدنماركي العظيم نيلز بور Niels Bohr . وقد اقترح بور نموذج قطرة السائل لنواة الذرة ، إذ بدأ أن هذا النموذج يحوّل إحدى المشكلات التي كان رذرفورد يحاول حلها منذ وصوله إلى كامبردج . فإذا كانت النواة مجرد قطرة سائل مؤلفة من بروتونات ونيوترونات ، عندها لن يكون لها بنية ثابتة ، ولكن العديد من تجارب رذرفورد الرامية إلى حل هذه البنية كانت عبثا . وهذا ما سيفرّج عن العلماء الشبان حين يعرفون من هذا الكتاب أنه حتى رذرفورد كان يقوم أحيانا بتجارب «سخيفة تافهة» . . كنت في أثناء الندوة متهيّبا من عمالقة الفيزياء ، فجلست على أحد المقاعد الخلفية ، ولكن طالبا آخر مجازا هو فريدريك ديتون (حاليا السير فريدريك) ، سمع مصادفة رذرفورد يقول لبور بعد المحاضرة «إذا اختفت الكتلة ، فستظهر الطاقة» . وهنا ، وفي مواضع أخرى متعددة ، يحطم ولسون (مؤلف الكتاب) الأسطورة القائلة إن رذرفورد لم يستطع أن يتنبأ بإمكان أن يكون للفيزياء النووية تطبيقات عملية . وقد توفي رذرفورد عام ١٩٣٧ ، أي قبل سنة من اكتشاف أحد تلاميذه الألمان انشطار اليورانيوم . ولذلك لم يش حتى يكون شاهدا على النتائج المزعجة للعصر الذري ، فظل حتى النهاية محتفظا بإيمانه الممتلئ بشرا بالقيمة الإنسانية للفيزياء .

(٥) plus ça change

وفي حديث له عام ١٩٢١ قال : «إن هذا البلد لا يُحكم عليه بحجم صادراته أو أسطوله ، وإنما بإسهامه في تقدم المعرفة» . وقد فاته أن يرى أن تقلص الصادرات سيخلق أيضا الاعتمادات اللازمة لتقدم المعرفة . وقد فوجئت لدى معرفتي أنه في عام ١٩١٥ كان من المسلم به أن الفرنسيين كانوا يبتكرون ، في حين أن الألمان والبريطانيين كانوا يحولون مبتكراتهم للربح : لقد رحل كثيرون ممن عاصروني - وكانوا يعملون في مختبر كافنديش - إلى أمريكا بحثا عن يهتم بتسخير مبتكراتهم لجني الأرباح . وأنا أتساءل (الآن) ما الذي قتل روح المغامرة البريطانية .

لقد توفي رذرفورد قبل أن تتاح لي فرصة الاستماع إلى محاضراته . ولكن وجدت بعد وفاته نسخا زائدة من مقالاته العلمية منشورة في سقيفة المختبر ، وسمح للطلبة الباحثين أن يأخذوا منها ما يشاؤون . ومازلت أحتفظ بهذه المطبوعات وأرى فيها نماذج للطريقة التي يجب أن يمارس بها العلم . فالنتائج التجريبية معروضة بوضوح واختصار ، ويحدد أدنى من التعابير المتقعرة والرياضيات . كما أن كل اعتراض يمكن تصوره استبعد عن طريق التجربة لا عن طريق المجادلة ، فلم يترك منفذا في استنتاجاته . وهكذا تشرّبتُ من هذه الأوراق ومن الجو المحيط بالمكان بقيم رذرفورد التي يصفها ولسون (مؤلف الكتاب) ، بأنها تعبير عن ولاء الباحث لمختبره وانصرافه كليا إلى العمل التجريبي الشاق وكرهيته الشديدة للتخمينات فيما وراء ما بررته النتائج التجريبية . ولكن عندما كان كريك Crick وواتسون Watson يتجولان متسكعين ، ويجادلان في مسائل لم يكن قد وجد لها بعد بيانات (معطيات) تجريبية مثبتة ، بدلا من أن ينكبا على منصة المختبر لإجراء التجارب ، كنت أعتقد أنهما يبددان وقتهما . على أنهما كانا ينجزان ، مثل ليوناردو ، الكثير حين كان يبدو أنهما يعملان القليل . وقد ساقهما تكاسلهما الظاهري إلى حل أعظم المسائل البيولوجية كلها ، وهي بنية الدنا (أي DNA الجحمض الربيعي النووي المنقوص الأكسجين) . ففي الواقع يوجد أكثر من طريق للقيام بعمل علمي جيد .

ترى هل توصل رذرفورد إلى اكتشافاته باتباع الطريقة الافتراضية - الاستنتاجية التي أخذ بها فلاسفة العلم المحدثون؟ أبدا ، فكما لم يريح نابليون

معاركه باتباع استراتيجية ثابتة ، كذلك هو لم يتبع أي منهج ثابت . والمنهج الوحيد المفضل الذي اتبعه وأكد عليه ولسون ، هو أنه كان يلاحق أي شذوذ أو نتيجة غير متوقعة ، ولكن هذا هو ما يفعله أي عالم ذكي . كانت قوة رذرفورد تكمن في كونه دائم الانتظار لمثل هذه النتائج ، وفي كونه يقظا إلى أبعد حد في تحديد مواضعها . وكانت أكثر هذه النتائج غير المتوقعة إيهارا هي التي حصل عليها عام ١٩٠٩ اثنان من معاوني رذرفورد ، هما هانز جايجر وإرنست مارسدن ، عندما رأيا انتشار جسيمات ألفا بوساطة رقاقة ذهبية . (وجسيمات ألفا هي نوى الهيليوم المنطلقة من مصدرها الراديومي) . كانت أكثر الجسيمات تمر عبر الذهب في اتجاه مستقيم ، ولكن واحدا تقريبا من كل ثمانية آلاف كان يرتد إلى الخلف : أو إذا استعدنا كلمات رذرفورد « كأنك أطلقت قذيفة مدفع عيار (١٥) إنشاً على قطعة من ورق شبه شفاف وارتدت إليك » . فأعطت هذه الملاحظة أول مفاتيح البنية الذرية ، حيث أثبتت أن الذرة نظام شمسي تتركز معظم كتلته في شمس ضئيلة الحجم وموجبة الشحنة ، هي النواة ، وهذه النواة محاطة بكواكب عديدة الكتلة تقريبا وسالبة الشحنة وهي الإلكترونات . وليس جسيم ألفا نفسه سوى نواة ذرية ضئيلة تبدو ورقة الذهب بالنسبة إليها كأنها فضاء فارغ ، تتوزع فيه نوى الذهب الثقيلة متباعدة للدرجة أن فرصة اصطدام جسيمات ألفا بها بالغة الضآلة ، ولكن إذا اصطدم بها أحد جسيمات ألفا الأصغر منها كتلة بكثير ، ارتد إلى الخلف بشدة نتيجة لشدتها الموجبة (٥) .

كان جايجر ومارسدن يستهدفان في تجربتهما معرفة شيء ما عن جسيمات ألفا لا عن رقاقة الذهب . كما أن رذرفورد لم يكن لديه إطلاقا ، قبل نتيجتهما غير المتوقعة ، فرضية عن الذرة ينطلق منها . وقد تمسكت مرة بهذه الحادثة أمام السير كارل بوير بصفتها حجة ضد المنهج الافتراضي - الاستنتاجي ، الذي يقول إن العلماء يتقدمون في عملهم بصياغة الفرضيات أولا ثم يصممون التجارب لاختبارها ، وليس باتباع المنهج الاستقرائي القائم على استيعاب النظريات من المشاهدات . فرد بوير بأنه لا جايجر ولا مارسدن كانا قادرين (٦) لأن النواة نفسها موجبة الشحنة والشحنات الموجبة تتدافع ، ثم لأن نواة الذهب أثقل بكثير من جسيم ألفا (نواة الهيليوم) .

على استنتاج بنية الذرة من مشاهداتهما . لذلك لم تكن هذه البنية متضمنة في المشاهدات ، وإنما كانت من بنات أفكار رذرفورد الفيزيائية القوية . وقد عرفت بعد ذلك أن الحقيقة لم تبنغ حتى بالنسبة إلى رذرفورد كالبرق ، بل أخذت منه ثمانية عشر شهرا حتى استنبطها ، الأمر الذي يثبت أنه احتاج إلى أكثر من مجرد مشاهدات . وبعد عدة سنوات ، وفي مناسبة أخرى جرت في كامبردج ، حصل اثنان من مساعدي رذرفورد ، هما مارك أوليفانت وجون كوكروفت على نتيجة ، لا هما ولا رذرفورد نفسه كانا في البداية قادرين على فهمهما . فأبقت رذرفورد ساهرا يفكر فيها حتى الثالثة بعد منتصف الليل ، وفجأة عرف الجواب . وفي لحظة انفعاله اتصل بأوليفانت هاتفيا ليوقفه ويخبره بما وجدته . ففي هذه الحالة أيضا حل خيال رذرفورد المعضلة : فقد اكتشف نظيرا خفيفا للهيليوم ، وهو الهيليوم ٣ الذي وُجد له مذاك استعمال مهم عند العمل في درجات حرارة قريبة من الصفر المطلق .

كان وصف ولسون الأكثر حيوية لطريقة عمل رذرفورد هو ذاك الذي أخذه عن أحد مساعديه القلائل الباقين على قيد الحياة وهو الفيزيائي الروسي بيتر كابيتسا :

«لقد أعجب الكثيرون بحدس رذرفورد الذي كان يهديه إلى الكيفية التي يعد بها تجربته وإلى ما يجب البحث عنه . فالحدس يُعرف عادة بأنه عملية غريزية للعقل ، إنه شيء لا يمكن تفسيره ، يقود بصورة «تحت شعورية» إلى الحل الصحيح . وقد يكون ذلك صحيحا جزئيا ، ولكن فيه الكثير من المبالغة . فالقارئ العادي غير مدرك حقا للجهد الهائل الذي يبذله العلماء . . فكل من شاهد رذرفورد عن كثب كان يمكنه أن يشهد مقدار الجهد الهائل الذي كان يبذله . فقد كان يعمل بلا انقطاع ، ودائما في البحث عن شيء جديد . ولم يكن يضع تقريرا عن أعماله أو ينشرها إلا إذا كانت نتائجها إيجابية . على أن هذه الأعمال كانت تشكل فقط نسبة ضئيلة من الأعمال الكثيرة التي قام بها . أما ما تبقى من أعماله فقد ظلت غير منشورة وغير معروفة حتى من قبل تلاميذه» .

ويذكر ولسون أن إخفاق رذرفورد في بعض الأحيان كان يقوده إلى بأس كتيب .

لقد أخفق نموذج الذرة الذي وضعه رذرفورد عام ١٩٠٩ في أن يشرح لماذا لا تسقط الإلكترونات على النواة لتجعل شحنتها معتدلة . لكن بور أخذ على عاتقه هذه المسألة ، فوفق بين نموذج ذرة رذرفورد ونظرية بلانك الكمومية quantum وذلك بأن افترض - لأسباب لم تكن آنئذ مفهومة - أن الإلكترونات تبقى في مدارات ثابتة . ثم برهن على صلاحية هذه النظرية بأن حسب وبشكل صحيح ، لأول مرة ، أطوال موجات خطوط طيف أبسط الذرات ، وهي ذرة الهيدروجين . وكان تعاون رذرفورد السعيد مع بور يتعارض تعارضا غريبا مع ازدهاره للنظرين . فقد قال في عام ١٩٠٧ «حتى أحسن الرياضياتيين يميلون إلى معالجة الفيزياء وكأنها مسألة معادلات لا غير . ويرد ذلك في اعتقادي إلى فقر المداولات النظرية حول المسائل التي تواجه المجرين اليوم» . فإذا تذكرنا أن هذا التصريح أتى بعد عامين من نشر أينشتاين لبخثيه اللذين فتحا عهدا جديدا عن المفعول الكهروضوئي والنظرية النسبية ، تبين لنا كم كان تصريحه فورة انفعال ضيقة الرؤية بشكل غريب (*) . وقد عارض الفيزيائي النظري الفرنسي لوي دوبروي ذلك بالحكم على «نمذجة رذرفورد الحسية والتبسيطية جدا للنواة» ، وبالإشارة إلى أن «القوانين الأساسية لسلوك الذرة لا يمكن التعبير عنها إلا بصيغ مجردة» . وهذا ما يتفق عليه فيزيائيو اليوم مع دوبروي . ولكن ولسون يبين أن رذرفورد ربح الجولة كما جرت العادة ، لأنه هو وليس النظرين ، أول من تنبأ بوجود النيوترون .

ويبين كتاب ولسون أيضا التضارب الغريب بين ضيق أفق التفكير الغالب عند رذرفورد وتعابير الريفية من جهة ، وتصرفاته البعيدة النظر الكريمة والعالمية من جهة أخرى . فعندما تحقق آرثر إدينجتون من انعطاف الضوء بتأثير التشاقل (**) ، الذي تنبأت به نظرية أينشتاين النسبية العامة ، تمت رذرفورد بأن هذه النتيجة يمكن «أن تنأى برجال العلم عن التجربة نحو

(*) في عام ١٩٠٥ نشر أينشتاين تباعا ثلاثة أبحاث : في المفعول الضوئي الكهربي (الذي فسر نتائج تجريبية غير مفهومة) ؛ وفي النظرية النسبية (التي فسرت النتيجة السلبية لتجربة مايكلسون - مورلي) ؛ وفي الحرارة النوعية للأجسام الصلبة وكيفية تغيرها مع درجة الحرارة والتي كانت نتائج التجارب فيها غير متوقعة . وهذا يدل على ضيق نظرة رذرفورد الذي اتهم النظرين بأنهم لا يلتفتون إلى المشكلات التي تواجه المجرين .

(**) تناقل gravitation ، نقالة (أرضية) gravity .

تصورات ميتافيزيائية بعيدة المدى». وبالمقابل ، عندما نحى النازيون ماكس بورن ، أحد رواد الميكانيك الكمومي ، عن كرسى الفيزياء النظرية في جوتنجن ، جند رذرفورد مباشرة جميع الإمكانيات المتوافرة آنذاك ليجد له سندا ومركزا يعمل فيه في مختبر كافنديش ومنزلا في كامبردج . وكان رذرفورد يستنكر تحدث الناس بلغات مختلفة ، فقد كان يقول : «يمكنك أن تعبر عما تريده أحسن تعبير بلغة واحدة ، وهذه اللغة يجب أن تكون الإنجليزية» . ومع ذلك كان يكتب جميع الفيزيائيين الأوروبيين البارزين ، ويبدل جهدا خاصا لمساعدة أي إنسان كان في ضيق مهني أو شخصي . فقد ساعد ماري كوري حين أثارت الصحف الفرنسية فضيحة علاقتها الغرامية مع الفيزيائي بول لانغوفان (١٠) .

ولم يكن رذرفورد قط ذلك القومي المتعصب كما يبدو من أقواله ، فحافظ على اتصاله مع صديقه ستيفان ماير - رئيس معهد الراديوم في فيينا - حتى عندما جعل اندلاع الحرب العالمية الأولى من ماير عدوا له . وفي عام ١٩٢١ ، عندما أصبح معهد ماير مهددا بتفاقم التضخم ، أنقذه رذرفورد بأن جعل الجمعية الملكية تدفع لماير ٥٠٠ جنيه إسترليني مقابل كمية من الراديوم كان قد اقترضتها مختبره في مانشستر قبل الحرب . وعندما صرف النازيون العلماء اليهود من الجامعات الألمانية ، كان رذرفورد أول المبادرين إلى تأسيس مجلس العون الأكاديمي ، الذي جمع أموالا لمساعدتهم وإعادة توطينهم في بريطانيا . ولكن الأمر الغريب أن هذا الرجل الصريح ، كان يحجم عن توجيه إدانة علنية للنازيين في سياستهم ضد اليهود خوفا من إغضاب الألمان ورغبة في البقاء بعيدا عن السياسة . ويعكس هذا الموقف الهيبوب حكما مغلوطا واسع الانتشار ، جعل النازيين على يقين أكثر بأن بريطانيا لن تحارب أبدا .

ولقد توجت رئاسة رذرفورد لمختبر كافنديش بإنجازات مهمة جدا في العام ١٩٣٢ ، عندما اكتشف جيمس شادويك النيوترون وشرط جون كوكروفت

(١٠) الحقيقة أن ماري كوري كانت قد رشحت نفسها لعضوية أكاديمية العلوم الفرنسية . ولما كان وجود امرأة في الأكاديمية سابقة ليس لها مثل ، لذا لم يجد المرجفون والحاسدون وسيلة لمنحها من ذلك إلا من خلال فضيحة سلوكية ، لأن سجلها العلمي حافل فهي التي نالت جائزة نوبل مرتين في حياتها وكانت أول امرأة تدرس في السوربون .

وارنست والتون ذرة الليثيوم ، وبرهن باتريك بلاكيت على وجود البوزترون . وقد ألقت هذه الانتصارات بظلالها على انبثاق علم جديد في قسم صغير من مختبر كافنديش هو علم البلورات crystallography . فقد كان هناك شاب إيرلندي ألمعي مغمم بالحياة هوج د . برنال بدأ بتطبيق الفيزياء على دراسة الجزئيات الحية ، كالبروتينات والفيروسات . وبما خيب ألمي عندما كنت طالبا باحشا عند برنال ، أن رذرفورد لم يكن يطل علينا ليكتشف ما كنا نفعله ، وكنت أظن أن ذلك يُرد إلى أنه كان غير عابىء بالعلوم الأخرى غير الفيزياء الذرية . ولكن ولسون يروي أن رذرفورد ، ذلك الصغوي^(*) المحافظ ، كان يمت برنال غير الانضباطي والذي كان شيوعيا يطارده النساء ويترك خياله العلمي يسرح في الفضاء الواسع . وقد فوجئت عندما قرأت أن رذرفورد كان يريد طرد برنال من مختبر كافنديش لولا أن و . ل . براج ، الذي خلف رذرفورد في مانشستر وفي كامبردج ، حال دون ذلك . فلو لم يتدخل براج في هذا الشأن لما بدأ عمل برنال الطليعي في البيولوجية الجزيئية ، ولما حللت أنا وجون كندريو بنية البروتينات ، ولما التقى واتسون وكريك أبدا (ليجدا بنية الدنا) .

لقد أصبت بخيبة أمل حين وجدت المختبر الشهير فقيرا في تجهيزاته وأن بعض أعضائه يجعلون من عوزهم فضيلة حين يتفاخرون بمكتشفاتهم العظيمة التي تحققت بتجهيزات بسيطة إلى أبعد الحدود . كان رذرفورد في الظاهر غير مبال بزيادة المبالغ للحصول على تجهيزات للمختبر مضمونة أكثر ، على الرغم من أنه كان مستغاضا من التعطل المتكرر للألات في هذا المختبر . ويعتقد ولسون أنه على الرغم من ثقته الهائلة بعبقريه رذرفورد العلمية ، فقد كان يفتقر إلى الجرأة على طلب مبلغ كبير . ولكن يبدو أن هذا أمر مشكوك فيه ، إذ ربما كان هذا هو أسلوب رذرفورد في العمل ليس إلا . ثم إن إخفاق رذرفورد في المختبر بالنسبة للأضرار التي لحقت به ، كان يشاركه فيه براج ، الذي كان يعاني في شبابه طغيان تقتير لنكولن Lincoln المرعب ، ذلك القيم على المختبر ذي الشارين الذي ظل حتى مجيئي إلى المختبر .

ولابد من القول بصيغة ملطفة أن رذرفورد وبراج لم يكونا يكثران بالمال

(*) puritanical ، متشدد في السلوك الفردي أو في المعتقدات .

لنفسيهما . فردفورد شأنه شأن فارادي ، لم يستصدر قط براءة (باكتشافاته) ولا بد أنه كان سيستكر من تقني الوراثة تهافتهم الآن على المال . كما كان رذرفورد ينفر من التأبه^(*) (الفخفة) ، ومع ذلك قبل بكل فخر لقب النبالة (منح لقب سير) . ولكن ولسون مخطئ في وصف مختبره بخلوه من التمييز الطبقي . فمن الجائز أنه لم يكن قائما بين العلميين ، ولكن كان ثمة فصل حاد بينهم وبين التقنيين تجلّى بقاعتين منفصلتين للشاي . وقد أثار هذا كثيرا من شعور الاستياء عندما وُضع المهندسون المؤهلون مع التقنيين . وكان رذرفورد يمنع العمل في المختبر بعد الساعة السادسة مساء ، وهذا بحجة أن عليهم الانصراف إلى منازلهم ليفكروا هناك . وقد منع عني لسنوات عديدة بعد وفاته مفتاح مبنى كافنديش ، فكننت إذا أردت في الليل إطفاء أبواب الأشعة السينية الذي يخصني ، كان علي أن أتسلق البوابة الحديدية الطويلة ، وأن أواجه غضب البواب الذي كان يحرس الباحات القليلة الإضاءة .

ليس لكل هذا أهمية تذكر ، ولكن الأمر الذي لفت نظر كاييتسا هو ما وصفه لوالدته عند وصوله إلى مختبر كافنديش عام ١٩٢١ :

« كل شيء بالنسبة لنا في روسيا كان مفصلا وفق النموذج الألماني . . ولكن إنجلترا قدمت أبرز الفيزيائيين . وقد بدأت الآن أفهم لماذا تنمي المدرسة الإنجليزية الفردية ، وتفسح مجالا لنهاية له لإظهار الشخصية . . إنهم هنا ، غالبا ما يقومون بأعمال تصورها غير معقول ، حتى إنها ستكون مثارا للسخرية في روسيا . وحينما سألت لماذا؟ . . تبين لي أنها مجرد أفكار شبان . ولكن التمساح (اللقب الساخر الذي أطلقه كاييتسا على رذرفورد) يقدر جدا الأشخاص القادرين على التعبير عن أنفسهم لدرجة أنه لا يسمح لهم بالعمل في موضوعاتهم الخاصة فحسب ، بل إنه يشجعهم ويحاول أن يجد معنى لخططهم التي قد تكون في بعض الأحيان لا طائل منها . والعامل الثاني هو الإلحاح على التوصل إلى نتائج لأعمالهم » .

وقد ظل هذا صحيحا حتى عندما تركت مختبر كافنديش بعد واحد وأربعين عاما .

. snobbery (*)

مكتشف الميكانيك الكمومي(*)

إن العضلات التي يشير إليها عنوان هذا الكتاب ، هي تلك التي واجهت عالما ألمانيا رائدا كان يؤمن ببلده في الحق والباطل ، حتى عندما أصبح هذا البلد مجسدا للشر . وهذا العالم هو ماكس بلاتك ، الفيزيائي الذي مازال ذائع الشهرة لإدخاله النظرية الكمومية Quantum Theory . ولد في عام ١٨٥٨ في كيل (**) التي كانت حينذاك جزءا من الدنمارك . ومن ذكرياته المكونة لشخصيته ، دخول قوات بسمارك البروسية الظافرة عام ١٨٦٤ إلى هذه المقاطعة الألمانية لتوحيدها مع بروسيا . وقد جعله موت أخيه الأكبر في معركة فردان في أثناء الحرب الفرنسية - البروسية عام ١٨٧٠ - ١٨٧١ «يشعر بأنه متوحد مع أولئك الأبطال الذين مهروا بدمائهم جبهم الحقيقي لأرض أجدادهم» . وفي تلك الأيام كانت هذه المشاعر (في ألمانيا خاصة) مشاعر نبيلة . أما في مدرسته في ميونيخ حيث كان والده أستاذا للقانون ، فكان غالبا ما يحصل على الجوائز السنوية لسلوكه الديني الصالح . وكان أساتذته يصفونه بأنه ذو ضمير حي وصريح وأنه مرح وموهوب في كل المواضيع ولاسيما في الرياضيات ، إضافة إلى أنه متواضع وأليف مع زملائه في الصف ، وموسيقي أيضا ، وله صوت مكتمل الطبقات . وقد احتار بين دراسة الآداب الكلاسيكية والموسيقى والفيزياء ، ولكنه اختار أخيرا الفيزياء . ومع ذلك نصحه أحد الفيزيائيين الرواد بأنه لم يبق في هذا العلم أي شيء ذي شأن للاكتشاف . ولم يجد بلاتك فعلا أي شيء يتمرد عليه حتى تجاوز الأربعين ، وذلك عندما قاده متابعته الدؤوبة لإحدى المسائل الفيزيائية المهمة ، ورغما عن إرادته تقريبا ، إلى اكتشافه الثوري .

وكان حتى ذلك الحين يؤلف كتباً مطولة عن فيزياء الحرارة بصفته أستاذا محاضرا في ميونيخ ، ثم بصفته أستاذا في كيل وأخيرا في برلين . ولكن هذه الكتب لم تثر إلا القليل من الاهتمام . وقد تم تعيينه في كيل «بعد اقتناع من

(*) مراجعة لكتاب «عضلات رجل مستقيم : ماكس بلاتك بصفته ناطقا باسم العلم الألماني»
The Dilemmas of an Upright Man: Max Blank as a Spokes man for German Science, by J.L. Heilborn (Berkely: University of California Press, 1986)

(**) هي الآن مدينة ألمانية على الباطيك .

(المسؤولين) بأنه سيظل وفيًا بإخلاص لا يعرف الوهن لجلالة الإمبراطور وللعائلة الإمبراطورية». وهذه الجملة بالنسبة لبلاتنك لا تُقرأ كجملة لا معنى لها ، وإنما هي واجب مقدس سيظل مرتبطا به ثلاثا وثلاثين سنة بعد ذلك ، حتى بعد انهيار الجيوش الألمانية في أكتوبر ١٩١٨ . وحينذاك كتب إلى أينشتاين : ستكون ضربة حظ بالنسبة إلينا ونعمة منقذة فعلا ، فيما لو تخطى حامل التاج طواعية عن حقوقه . ولكن كلمة «طواعية» تجعل من المستحيل بالنسبة إلي أن أقدم خدماتي في هذا السبيل . لأنني أولا : أفكر بالقسم الذي أقسمته ، وثانيا : إنني أشعر بشيء لن تفهمه أنت مطلقا . وأعني به ولأني وتعلقني الذي لا يقهر بالدولة التي أنتمي إليها والتي تجسدت في شخص العاهل الكبير .

وبعد يومين أعلن الرايخستاغ قيام جمهورية برلمانية (فدرالية) رمت بألمانيا في أحضان الفوضى .

جاء اكتشاف بلاتنك الذي صنع عهدا جديدا للفيزياء في عام ١٩٠٠ ، وكان حول مسألة التأثير المتبادل بين الإشعاع والمادة ، وهي المسألة التي كانت تشغل تفكير الفيزيائيين الألمان وتعلق بلون الإشعاع المنبعث من الجسم الأسود الحار وبشدته . وكان الفيزيائيون التجريبيون قد طوروا طرقا حساسة لقياس الإشعاع . وتوصل النظري ويلهلم فين W. Wien إلى نظرية قائمة في الظاهر على أساس رياضياتي متين تفسر مشاهداتهم ، ولكن بعد إرهاب التقنيات ورفع درجات الحرارة أصبحت الانحرافات عن قانون «فين» مفضوحة . لذا عدل بلاتنك قانون «فين» بطريقة تجعله متفقا تماما مع المشاهدات . وكان أي رجل أدنى من بلاتنك سيكتفي بذلك ، إلا أن بلاتنك كان قد حاول طوال ست سنوات بلا جدوى صياغة قانون أساسي يعبر عن التفاعل بين المادة والإشعاع . «فشعر أن قانونه لم يكن له سوى قيمة محدودة» ، لأنه حتى لو ثبت أنه دقيق ، فقد توصل إليه «بتخمين موفق» لا أكثر . لذا ، فقد كتب : «من يوم أن صبغته ، وأنا منشغل بمسألة الحصول على معنى فيزيائي حقيقي له . . وبعد عدة أسابيع من العمل الدؤوب الذي لم أبذل مثله في حياتي كلها ، انقشع الظلام ، وبدأ عقلي يتفتح على رؤية جديدة لم أكن أتوقعها» .

كان الفيزيائيون الكلاسيكيون (التقليديون) ، ومن بينهم بلانك ، متشككين بتفسير الفيزيائي النمساوي لودفيج بولتزمان للحرارة بأنها حصة اهتزازات ذرية ، وفضلوا التفكير في المادة باعتبارها متصلا continuum . ولكن سرعان ما اتضح لبلانك أن قانونه في الإشعاع يتنافى مع هذه الصورة . وقد اعترف بلانك بعد عدة سنوات للفيزيائي الأمريكي ر . و . وود «إن ما فعلته يمكن أن يتلخص ببساطة بأنه عمل دفع إليه اليأس . . . ففانونا الثرموديناميك (الديناميكا الحرارية) لا يجوز نقضهما في سائر الظروف» (١) . . وأما ما عدا ذلك فقد كنت مستعدا للتضحية بأي معتقد من معتقداتي السابقة المتعلقة بقوانين الفيزياء . كان فين وبلانك كلاهما قد فكرا بإشعاع الجسم الأسود باعتباره صادرا عن اهتزاز شحنات كهربائية صغيرة في هذا الجسم . ولكن أيا منهما لم يعتبر اهتزازات oscillators ذرات (٢) . . وحين يش بلانك ، قرر استخدام تصور بولتزمان الذري لكي يصوغ التوازن بين الإشعاع والمادة في قانون عام . ففرض عليه عمله الرياضياتي نتيجة غريبة ، وهي أن الطاقة المتاحة للهزازات لم تكن مستمرة وإنما هي مكونة من عدد محدد من أجزاء محدودة متساوية . . أو من عناصر طاقة . . وقد دعا بلانك كلا من هذه العناصر كموم (كم) الفعل The quantum of action الذي سرعان ما أصبح يعرف باسم ثابت بلانك (٣) .

كان مفهوم هذا الثابت ثوريا للدرجة أنه ما من أحد ، حتى ولا بلانك نفسه ، أدرك مباشرة ما سيستج عنه . ولكن رجلا واحدا أدرك ذلك بعد سنوات قليلة ، وكان ذلك الرجل هو آينشتاين . عندها كان بلانك أكثر

(١) هما قانون انحفاظ الطاقة ، وقانون تزايد الأنتروبية في أي منظومة معزولة . وهذان القانونان ، يتفقان مع البداية . لذا حين يشعر الفيزيائي بأن في عمله ما ينقضهما يستج من ذلك فوراً أن ثمة خطأ ما في استنتاجاته .

(٢) تذكر كتب تاريخ الفيزياء أن أمامه قانونان : قانون فين للإشعاعات في مجال التواترات الكبيرة ، وقانون آخر كان قد توصل إليه راييلي Rayleigh وعدله بعدئذ جينز Jeans في حالة التواترات الصغيرة (مع أخذ درجة الحرارة نفسها في القانونين) . وبعد أن وفق بلانك بين القانونين بتخمينه لقانون واحد يتضمن الحالتين : بقي عليه إيجاد تبرير فيزيائي رياضي له فلم يستطع إلا بإدخال فكرة كموم (كم) الفعل (الذي سمي ثابت بلانك) .

(٣) إن العنصر الواحد من هذه التي ذكرها هو كموم (كم) طاقة وليس كموم فعل ؛ أما كموم الفعل فهو ينتج من كموم الطاقة بتقسيم هذا الكموم على التواتر . ونالحظ القسمة (أي كموم الفعل) هو ثابت بلانك .

انشغالا بثابت كوني آخر ظهر في قانونه الجديد للإشعاع ، وقد سماه على سبيل التكريم ثابت بولتزمان الذي يدين له في تصديده الناجح لمسألة الإشعاع . فباستعمال هذا الثابت ، أمكنه حساب الأوزان الحقيقية للذرات الفردية ؛ كما أمكنه حساب الشحنة التي يحملها الإلكترون الذي كان قد اكتشف حديثا ، ولم يُستمد ثابت بولتزمان من قوانين أخرى غير قوانين الحرارة ؛ ومع ذلك ، حين يؤخذ ثابت بولتزمان مع ثابت قانون نيوتن في الثقالة وسرعة الضوء ، يعطينا (بعد حسابات بسيطة) منظومة وحدات طبيعية للكتلة والشحنة الكهربائية والطاقة والزمن . وهذه الوحدات مستقلة عما يقوم بالرصد ، وتظل سارية عبر الكون كله . فأنفع هذا الاكتشاف صاحبه بلانك بأن هناك كونا فيزيائيا مستقلا عن حواسنا .

كان إلحاح بلانك على واقعية الذرات ، التي لم يسبق لأحد أن رآها ، وعلى أن للشوايت الفيزيائية التي استمدت من قوانين الحرارة ، شرعية كونية ، سببا لدخوله في خصومة حادة مع الفلاسفة الوضعيين Positivists . ويفترض مؤلف الكتاب (الذي هو محور حديثنا) أن قراءه يعرفون عما تدور الوضعية ؛ أما أنا فلم أكن أعرف ، فبحثت عنها في الموسوعة البريطانية ، وعرفت أن مؤسسها (وهو فيلسوف القرن التاسع عشر الفرنسي أوغوست كونت ، كان قد وصف مقرره في الفلسفة بأنه «وضعي» ، لأنه كان معنيا بالحقائق الوضعية(*) فقط . فالعلوم عند «كونت» ، يجب أن تدرس الحقائق الطبيعية وأنساقها وأن تصوغها على شكل قوانين وصفية ، لأن تؤول معناها ، كما فعل بلانك ، بلغة واقع لا يمكن مشاهدته مباشرة . وكانت مدرسة وضعية القرن العشرين في فيينا ، تميز بين كلام ميتافيزيقي ، وقضية (أو دعوى) أصيلة ، بأن الثانية تحتاج إلى أن يكون ممكنا التحقق منها تحققا حاسما . فقولنا توجد ذرات أو يوجد «كم» هما قضيتان لم يكن ممكنا التحقق منهما آنذاك . وقد مضى خصم بلانك الرئيسي ، الفيلسوف والفيزيائي إيرنست ماخ إلى أبعد من ذلك وقال إن المعرفة الواقعية كلها تقوم على وضع منظومة من المفاهيم وعلى إنجاز تجربة مباشرة ، فهو لذلك كان ينفي وجود ما دعاه «كانت» Kant «الأشياء بذاتها» أي الكيانات النهائية المختلفة تحت الظواهر .

(*) أي بما ينقله الحس فقط .

وهكذا ، ولأول مرة ، تحول بلانك المسالم الودود إلى مقاتل . فقد أكد بقوة واقعية العالم غير المرئي الذي انبثق من عمله الرياضياتي ، وصرح بأن «الفيلسوف الذي يقيد نفسه ، بصدد كل فكرة جديدة ، بالسؤال : ترى إلى أي مدى هي ذات معنى واضح سلفا ، هو فيلسوف يعيق تطور العلم . إذ ليس ما يهم أن تكون الفكرة واضحة مسبقا ، بل المهم هو أن تؤدي تلك الفكرة إلى عمل مفيد . والوضعية التي تدحض كل فكرة متسامية هي رؤية ملتزمة بجانب وحيد مثلها مثل الميتافيزيقا التي تستهتر بالتجربة الفردية » . وقد رد ماخ بازدراء : «إذا كان الإيمان بواقعية الذرات أساسيا بالنسبة لك إلى هذه الدرجة ، فلن يكون لي أنا بعد الآن أي تعامل مع التفكير الفيزيائي » . وبعد سنوات عديدة عبر بلانك عن أساه بقوله «لم أنجح قط في جعل الجميع يوافقون على نتيجة جديدة أستطيع إثبات صحتها بحجة حاسمة رغم كونها حجة نظرية بحتة . وكان ذلك أكثر ما عانيته إيلاما » .

عندما استنتج بلانك قانونه في الإشعاع ، كان قد جزأ طاقة هزازات os-cillators الجسم الأسود وحدها إلى كموم ، وترك المعنى الفيزيائي لكم الفعل غير واضح^(*) . وبعد خمس سنوات من ذلك نشر أينشتاين مقالته الثلاث ، وكان بينها واحدة تحمل العنوان : «حول وجهة نظر استدلالية تتعلق بإنتاج الضوء وتحوله» . وقد وسّع هذا البحث عمل بلانك حول تفاعل الإشعاع مع المادة وعمقه . فقد استهل أينشتاين بحثه باقتراح ثوري يقول إن الإشعاع (أو بكلمة أخرى الضوء نفسه) يتكون من كموم . وقاده إلى ذلك حجة رياضية عبقرية جعلته يستنتج أن هذه الكموم هي ذاتها كموم بلانك . كما أثبت أينشتاين أن نظريته تؤدي إلى فهم مفعول محير كان قد اكتشفه ، ويا للعجب ، هينريش هرتز الذي كان يظن أنه أثبت أن الضوء أمواج كهرومغناطيسية . وهذا المفعول هو «المفعول الكهروضوئي» (الضوئي الكهربائي) ، الذي سمي كذلك لأن الضوء الساقط على بعض المعادن ، كالسيلينيوم ، يسبب إصدار إلكترونات . وقد بين أينشتاين أن السبب في

(*) الحقيقة أنه هو الذي أثبت أن الثابت الذي يحمل اسمه الآن هو كموم الفعل ولكنه لم يحاول إيجاد تفسير لذلك ، حتى أنه ظل يعتقد أن هزازات الجسم الأسود وحدها هي التي تمتص الطاقة على شكل كموم ، في حين أثبت أينشتاين أن إشعاع الطاقة الصادر عن الجسم الأسود ، يصدر أيضا على شكل كموم .

حدث ذلك هو كموم الضوء الذي تمتصه ذرة المعدن فتنتقل طاقته إلى أحد الإلكتروناتها وتحرره . فبحثه هذا يستلزم بأن تكون الطاقة كلها مجزأة إلى كموم ، سواء أكانت محتواة في الإشعاع أم في الذرات . فكان هذا هو المعنى الحقيقي لقانون بلانك في الإشعاع .

كان بلانك متأثرا تأثرا عميقا ببحوث آينشتاين ، وكان من الممكن لشخص أضعف منه أن يخشى طغيان شخصية آينشتاين عليه . لكن بلانك استحدث في برلين منصب الأستاذ الباحث المتحرر من جميع الواجبات خصيصا لآينشتاين . وكان كل منهما معجبا بالآخر ، فأينشتاين الذي لم يكن يأبه بذوي المقام الرفيع ، كتب فيما بعد أن أفضل ذكرى لديه عن برلين كانت شعوره الدائم بالبهجة لكونه بالقرب من بلانك . ومع ذلك كانت وجهات نظر الرجلين مختلفة حول أي موضوع تقريبا غير العلم . وكان بلانك موقرا عند كل من كان يعرفه ، فقد كان نبيلًا متواضعا ، لطيفا ، متحررا كليا من خيلاء الأستاذ الألماني التي يضرب بها المثل . وقد كتبت عنه ليز متمر ، التي عملت معه لمدة أربعين عاما ، بأنه لم يكن يقرر أي شيء على أساس أنه قد يكون مفيدا أو سيئا بالنسبة لشخصه هو ، بل على أساس ما تستحقه الحالة . فهو في هذا يتعارض مع ما قاله جون كينز عن لويد جورج بأنه : « كان يتخذ أي قرار على أساس غير الأساس الذي تستحقه الحالة » (*) .

كان بلانك في واقع الأمر قديسا من نوع ما . وقد كتب عن نفسه بأنه كان شديد التدين ، رغم عدم اقتناعه بالتصور الكنسي المسيحي . وقد عبر بلانك عن معتقداته خير تعبير في محاضراته المنشورة حول فلسفة الفيزياء . فقد كتب فيها « هناك عالم واقعي مستقل عن حواسنا . فقوانين الطبيعة لم ي اخترعها الإنسان من عنده ، بل فرضها عليه العالم الطبيعي . وهي تعبر عن وجود نظام كوني عقلاني . والدين والعلم الطبيعي ، كلاهما يحتاجان إلى الاعتقاد بالإله . ولكن الإله بالنسبة للدين ، هو نقطة البدء ، وهو بالنسبة

(*) Lloyd George (١٨٦٣ - ١٩٤٥) سياسي بريطاني عرف بسياسته المغايرة لكل عرف إنجليزي . وقد فرض الضرائب على الأموال الموروثة مما أثار عليه المحافظين . شكل في ١٩١٦ وزارة ائتلافية . كان معارضا للاستعمار ، وأعطى إيرلندا حريتها ، وقاوم حرب البوير . ولعل ذلك يفسر توجيه هذا الاتهام إليه .

للعلم الطبيعي هدف كل تسلسل للفكرة ، كما كتب في مكان آخر « يجب أن تخلو الفيزياء من التناقضات ، وهذا يؤول من حيث الأخلاقيات إلى الاستقامة والأمانة . ولأن العدالة لا تنفصم عن الأمانة ، فيجب أن تكون هي نفسها بالنسبة للجميع ، مثلها مثل قوانين الطبيعة » . وهذه الأفكار تقترب من محاولات جاك مونو في بناء أخلاقيات تستند إلى الحقائق العلمية . وفي حين كان بلاتك الابن البكر لراعي أبرشية بروتستانتية وآينشتاين ابن رجل أعمال يهودي ، فقد كانا كلاهما يعتقدان بأن للعالم نظاما عقلانيا مستقلا عن الإنسان ، هو من صنع الإله . وكانا كلاهما أيضا يعتقدان بالاحتمية والسببية المطلقة . ولذلك كانا على حد سواء ممتنعين عن التسليم بأن ميكانيكا إروين شرودينجر وماكس بورن الموجية الاحتمالية هي الصورة النهائية للعالم الذري .

ولقد حزنت لدى قراءتي أن إيمان بلاتك وطيبته لم تمنعه من أن يصاب بحمى التعصب القومي الألماني في بداية الحرب العالمية الأولى . ولعل ذلك يرد إلى أن وفاءه لمجد أرض الأجداد كان قد ذهب به إلى أبعد من حب الإنسان الطبيعي لوطنه ، ووجد تجسيدا له في شخص الإمبراطور . كان بلاتك واثقا من سلامة القضية الألمانية ومن الطبيعة الحضارية للشعب الألماني كله ، لذلك رفض ساخطا تقارير الحلفاء الدعائية عن فظاعات الألمان في بلجيكا ، باعتبارها دعاية كاذبة ، وظل كذلك إلى أن أقتعه بعكس ذلك ، بعد سنتين ، صديقه الفيزيائي الهولندي هنريك لورنتز .

وبعد الحرب العالمية الأولى مباشرة ، تعرض إيمان بلاتك الساذج بالطبيعة الألمانية لمزيد من الاهتزاز نتيجة للتهجمات الباطلة على آينشتاين . وكنت من جهتي متوهما أن تفاقم اللاسامية^(*) لم يبدأ إلا بعد أن تبوأ هتلر السلطة عام ١٩٣٣ ؛ ولكنني علمت من كتاب هيلبرون بأن التهجمات على آينشتاين بدأت عام ١٩١٩ ، وهو العام نفسه الذي أكد فيه سير آرثر إدينجتون النظرية النسبية وذاغت شهرة آينشتاين عالميا . وكانت هذه التهجمات تصدر عن الفيزيائيين اللاساميين الذين رفضوا نظريات آينشتاين ، وعن الصحف

(*) تعبير خاطئ أطلقه اليهود على كل من يعاديهم معتبرين أنفسهم ساميين ، وغير آبهين إلى أن هذا التعبير يشمل غيرهم من يطلق عليهم اسم ساميين ، علما أن معظمهم من الخنزير وشعوب أخرى اعتنقت الديانة اليهودية .

اللاسامية والسفاحين النازيين الذين هددوه بالقتل ، مع أن أينشتاين كان ذلك الرجل المسالم الذي لم يسبب ضررا لأي إنسان ، والذي كان بلاتك يرى فيه واحدا من أعظم الفيزيائيين في كل العصور . وقد وقف بلاتك موقف المعارض للاسامية الرسمية في مناسبتين مبكرتين ، الأولى في عام ١٨٩٤ عندما حاول وزير التربية البروسي التهرب من توصية كلية العلوم بتعيين أحد اليهود في كرسي الفيزياء التجريبية في برلين ، والأخرى في عام ١٨٩٥ عندما طلبت الوزارة تنحية أستاذ محاضر يهودي ، كانت جريمته الوحيدة أنه يدعم الحزب الديمقراطي الاجتماعي . ولم يرد يكن بلاتك على التهمجمات المنصبة على أينشتاين بالتنديد باللاسامية علانية ، بل بترتيب مناقشة عامة بين أينشتاين وزعيم المعارضين للنسبية ، وهو فيليب لينار ، « كانت تتجابه فيها بطريقة مشرفة وجهات نظر متعارضة عن أسس العلم الإستمولوجية » ، ولكن هذا لم يفعل أي شيء لإسكات حملات الافتراء .

وفي عام ١٩٣٣ ، وعندما تسلم هتلر السلطة ، كان بلاتك ، بصفته عميد العلم الألماني ، أمين سر أكاديمية العلوم البروسية ، ورئيس جمعية القيصر ولهمل للعلوم ، وهي سلف جمعية ماكس بلاتك الحالية للعلوم التي كانت ترعى معاهد البحث المستقلة في ألمانيا بما فيها معهد أينشتاين في برلين . وقد صادف أن كان أينشتاين في الولايات المتحدة وعلم هناك بإبعاد العلماء اليهود ، فصرح علانية بأنه لن يعود إلى ألمانيا لأنها لم تعد تعترف « بالحرية المدنية والتسامح والمساواة بين المواطنين أمام القانون » . وردت الصحف النازية على تصريح أينشتاين بسيل من الشتائم . أما المفوضية الألمانية ، المعينة من قبل وزير التربية البروسي للقيام بمهام الأكاديمية ، فقد دعت إلى القيام بإجراء تأديبي ضد أينشتاين . وقد أدرك بلاتك بأن لا أمل في التفاهم ونصح أينشتاين بالإذعان « لكي يحافظ على علاقاته المشرفة مع الأكاديمية ويجنب أصدقاءه أحزانا وآلاما لا حدود لها » .

لم يبد بلاتك تفهما لاحتجاجات أينشتاين العلنية ، اعتقادا منه بأن على أينشتاين لكونه ألمانيا ، الوقوف إلى جانب بلده في الخارج مهما كانت أخطاء نظامها الجديد ، وقد أخبر أينشتاين أن تصريحاته المعلنة سببت لكل أصدقائه ألما شديدا : « لقد حدث تصادم بين وجهتي نظر متعارضتين حول العالم .

ولم أستطع تفهم أي منهما . وإني أشعر أنني بعيد عن وجهة نظرك ، كما ستذكر من أحاديثنا حول دعوتك لرفض الخدمة العسكرية » (في أثناء الحرب العالمية الأولى) . وفي اجتماع رسمي للأكاديمية ، صرح بلانك بأن على أعضائها واجب الإخلاص للحكومة ، وأبدى أسفه لكون موقف آينشتاين السياسي جعل استمرار عضويته مستحيلة . وللأمانة ، فقد أكد على أن آينشتاين لم يكن مجرد فيزيائي مرموق ، بل هو الفيزيائي الذي اكتسبت المعرفة الفيزيائية ببحوثه التي نشرتها الأكاديمية ، في قرننا الحالي ، عمقا يبلغ مدى لا يقارن إلا بالإنجازات كبلر ونيوتن . ولكنني أجد صعوبة في فهم كيف يمكن لبلانك أن يتوقع من آينشتاين الإخلاص لحكومة مكونة من رجال لطالما عاملوه معاملة المجرم . ولم يغفر آينشتاين لبلانك إطلاقا ما رأى أنه إخفاق جبان في مناصرته ومناصرة زملائه اليهود .

وعندما صرف من الخدمة فريتز هابر ، الكيميائي اليهودي الذي ركب الأمونيا من أزوت الهواء - وبذلك أنقذ الجيش الألماني من نفاد المتفجرات لديه بعد بداية الحرب العالمية الأولى مباشرة - من دون أن يرتكب أي عمل طائش ، التمس بلانك مقابلة مع هتلر ليحثه على إعادة هابر إلى عمله . وعندما امتدح بلانك إسهامات هابر ويهود ألمان آخرين في العلم ، أجابه هتلر بأن ليس لديه شيء ضد اليهود في هذا المجال ، ولكنهم كانوا جميعا شيوعيين . وعندما حاول بلانك أن يحتج ، صرخ هتلر : « يقول الناس إنني مصاب بضعف عصبي ، ولكنني أملك أعصابا كالحديد » . ثم أخذ يلطم ركبتيه في غيظ استمر إلى أن أثر بلانك المغادرة . وقد أخبر بلانك (زميله) ماكس بورن بعدئذ - وهو فيزيائي يهودي مرموق آخر صرفه النازيون أيضا من الخدمة - بأن هذه المقابلة حطمت كل الآمال بإمكانية ممارسة تأثيره بشكل علني لمصلحة زملائه اليهود . وهذا ما فعله أيضا في مناسبة أخرى وحيدة بعد سنتين ، وبعد وفاة هابر في المهجر ، مبعدا من قبل الألمان لكونه يهوديا ، ومن قبل زملائه البريطانيين والفرنسيين لكونه البادئ في صنع غاز الحرب في ألمانيا ، عندئذ قرر بلانك أن على جمعية القيصرو ولهم للعلوم أن تعقد اجتماعا لإحياء ذكرى هابر . وعندما أرسلت الدعوات ، منع وزير الثقافة كل موظفي الحكومة من الحضور . وعلى الرغم من هذه التهديدات ، قال بلانك

إنه سيعقد الاجتماع حتى ولو أخرجه الشرطة بالقوة . فحضر ، على الرغم من معارضة الوزير ، فيزيائي آخر موظف في الدولة ويحمل جائزة نوبل هو فون لاو Von Laue . ولكنه عانى بعد ذلك أزمة قلبية . وهذه دلالة على التوترات التي كان يعيش فيها الألمان في ذلك الوقت .

عندما كان «لاو» ماضيا إلى جولة محاضرات في الولايات المتحدة ، طلب إليه بلاتك أن يجعل الناس هناك يفهمون الصعوبات التي كان عليه مواجهتها ، وأن يطمئنهم بأن «عهدا أكثر طمأنينة وطبيعية ستعود» . فقد كانت هذه هي تجربة بلاتك في أثناء الثورة والحرب الأهلية والتضخم بعد الحرب العالمية الأولى^(*) ، فقد كان ثباته وحده عندئذ هو الذي جعله يتمكن من إعادة بناء ، وحتى من شد عزمة ، بنية الفيزياء الألمانية على الرغم من الظروف المضطربة . وكان بلاتك يشعر بأنه واثق من قدرته على فعل ذلك مرة أخرى . فقد كان يحاول سرا في هذه الأثناء ، تخفيف الضرر إلى الحد الأدنى بإبقاء السلطة الإدارية بيده هو نفسه بدلا من ترك النازيين يسكون بها . ولهذا السبب أحجم عن الاحتجاجات العلنية ، وحاول بدبلوماسية هادئة إيقاف صرف رؤساء معاهد القيصصر ولهلم اليهود من الخدمة ، وحاول ثني العلماء الألمان عن الهجرة إلى خارج البلاد ، ومن هؤلاء فيرنر هايزنبرج ، مؤسس الميكانيك الكمومي الذي كان موضع تهجمات أثيمة من قبل الصحافة النازية بسبب دعمه لنظرية أينشتاين النسبية . فبقي هايزنبرج في ألمانيا وترأس فيما بعد مشروع القنبلة الذرية الألمانية ، الذي ثبت لحسن الحظ عدم نجاحه . ولكن إخفاق بلاتك في الصمود علانية في وجه فظاغات النظام النازي ، ومتاوراته السرية في إنقاذ العلم الألماني ، كان كارثة ، لأنه عزز الدعاية النازية التي وصمت التقارير حول ما يجري في ألمانيا بأنها من صنع اليهود .

لقد ثبت أن مثل القرن التاسع عشر الأعلى عند بلاتك ، المتمثل في «ضمير نقي يعبر عن نفسه بوفاء الإنسان لواجبه بضمير حي» هو دليل غير كاف في هذه الأيام الشريرة . فلقد حطمت خاتمة مآسي حياته الرهيبة آماله

(*) أي الثورة التي أرغمت الإمبراطور ولهلم الثاني عام ١٩١٨ على التنازل عن عرش ألمانيا والتي جاءت بالاشتراكيين الديمقراطيين إلى الحكم .

بأيام أفضل . إذ قُتل ابنه البكر كارل في الحرب العالمية الأولى ، كما ماتت ابنتاه لدى وضع كل منهما ولدها الأول . ولم يبق له من أولاده سوى إرون الذي كان له أيضا أقرب صديق . وكان موظفا كبيرا في وزارة الدفاع في جمهورية فيمار . وبعد الاعتداء على حياة هتلر في يوليو ١٩٤٤ سجن إرون . وتبعاً للمؤرخين الذين نبشوا دليل الشرطة الموجه ضده ، كان إرون منذ عام ١٩٣٤ وما بعده ، قد ناقش مع فئات عدة سبلا ممكنة للإطاحة بالنظام النازي وكان على معرفة ببعض المتآمريين على حياة هتلر ، ولكنه لم يكن مطلعاً على المؤامرة الفعلية . ولما كان الوالد وابنه مرتبطين بعلاقة متينة ، لذلك يعتقد مؤلف الكتاب (هيلبرون) أن الوالد كان يعرف ولا بد هذا النشاط ؛ وربما يفسر ذلك جزئياً تحفظ بلانك أمام الناس وثقته بمجموع أيام أفضل . وعلى مدى عدة أشهر بعد سجن إرون ، كان بلانك ممزقا بين الأمل واليأس ، إلى أن تلقى خبراً حطمه بأن محكمة الشعب قد حكمت على إرون بالموت . وعندئذ كتب بلانك إلى هتلر وهملر يؤكد لهما بأن ابنه لم يكن لديه أي علم بالمؤامرة ، وفي أوائل فبراير ١٩٤٥ أخبر بتأجيل وشيك لتنفيذ الحكم . ولكن إرون شفق بعد خمسة أيام من ذلك . وقد كتب بلانك في رسالة حملت هذا الخبر إلى صديقه الفيزيائي أرنولد سمرفيلد «لا يمكن لحزني أن يُصب في كلمات ، إنني أكافح لأقوي عزيمتي على العمل الدؤوب من أجل أن يكون لحياتي المستقبلية معنى » . فحتى بعد هذه المأساة الختامية ، ظل هذا المثل الأعلى الألماني المميز نجم بلانك الذي يهتدي به .



مكتشفا اللولب المزدوج (*)

في يوم من أيام عام ١٩٥٠ اندفع عبر بابي رأس فتى غريب ذي شعر مقصوص كالقفذ وعينين جاحظتين ، وسألني من دون أن يقرأني السلام «هل يمكنني أن آتي للعمل هنا؟» . كان هذا الفتى هو جيم واتسون Jim Watson الذي كان يريد الانضمام إلى الفريق الصغير من المتحمسين للبيولوجيا الجزيئية في مختبر كافنديش (بكامبردج) الذي كنت أترأسه .

كان زملائي : جون كندريو وهو كيميائي مثلي ، وفرانسيس كريك وهي ج هكسلي ، وهما فيزيائيان . وكنا نجمع على الاعتقاد بأنه من غير الممكن فهم طبيعة الحياة إلا بالوصول إلى معرفة البنية الذرية للمادة الحية ، وأن الفيزياء والكيمياء ستفتحان لنا الطريق فيما لو استطعنا الاهتداء إليه .

وقد صور واتسون نفسه في كتابه الرائع «اللولب المزدوج» The Double Helix كراعي بقر وقع من الغرب الأمريكي يدخل في دائرتنا الطيبة النبيلة . ولكن هذه الصورة كاريكاتورية ، فقد كان لوصوله أثر مكهرب فينا ، لأنه جعلنا ننظر إلى مسائلنا من وجهة نظر جينية (مورثاتية) genetic . فهو لم يكن يتساءل فحسب ما البنية الذرية للمادة الحية ؟ بل كان يتساءل في الدرجة الأولى : ما بنية الجينة (المورثة) الذي يحدد هذه البنية الذرية ؟ فلقي تساؤله صدى عند كريك الذي كان قد بدأ يفكر بتفكير مماثل . وكان كريك في الرابعة والثلاثين ، أي أنه أكثر من مجرد طالب دراسات عليا ناضج بسبب سنوات أضاعتها الحرب . أما واتسون فكان في الثانية والعشرين ، فتى بالغ المهارة من شيكاغو ، وكان قد انتسب إلى الجامعة في الخامسة عشرة ، وحصل على الدكتوراه في علم الوراثة (الوراثيات) في سن العشرين .

كان يجمعهما شموخ متعال عرف عند الرجال الذين كانوا نادرا ما يصادفون من يساويهم فكرا وعقلا . كان كريك طويل القامة ، جميل الحيا ، أنيق الملبس ، ذرب اللسان وكل جملة من إنجليزيتة الملكية مفصلة المقاطع ومنقوطة بفورات ضحك «مجلجل» يتردد صداه عبر المختبر . ولإبراز صورة

(*) مقال مأخوذ عن النبلي تليفراف The Daily Telegraph (لندن) ٢٧ إبريل ١٩٨٧ .

النقيض ، كان واتسون يتجول في المختبر وكأنه متسول ، متباه بأنه لم ينظف
حذاءه الوحيد طوال الفصل الدراسي (عمل مستغرب في تلك الأيام) كما
كانت كلماته المتناثرة تتقاطر خارجة من أنفه في رتابة بطيئة وتخبو قبل ختام
كل جملة ثم يتبعها بعدئذ بشخرة .

إذا قلنا إنهما لم يكونا يتحملان الحمقى بطيب خاطر ، نكون قد أخفينا
بعض الحقيقة ، فتعليقات كريك كانت تطعن كالخنجر كل استنتاج لا يتفق
مع المقدمات ، أما واتسون فكان ييسط جريدته بشكل استعراضي في
الندوات التي كانت تسبب له الملل . وكان واتسون قد وجه ذهن كريك إلى
بنية الدنا DNA ، ومع ذلك كانت علاقتهما تشبه علاقة الأستاذ بتلميذه ، لأن
واتسون لم يكن لديه الكثير كي يعلمه لكريك ، في حين أن هذا الأخير كان
لديه الكثير ليعلمه لواتسون . فقد كان لدى كريك فهم عميق لأصعب
العلوم ، وهو الفيزياء ، التي لولاها لما حُلَّت معضلة بنية الدنا وهذا الواقع
الحاسم مطموس في كتاب واتسون «اللؤلؤ المزدوج» . على أن واتسون
كانت لديه معرفة حدسية بالسماوات التي يجب أن يملكها الدنا لكي يكون له
مضمون جيني .

وفي إحدى مراحل البحث كانت هناك حجج كثيرة حول الجينات : هل
هي مكونة من سلسلتين أو من ثلاث ملتفة إحداها حول الأخرى . وكان
واتسون يتابع دروسا في الفرنسية عند سيدة لديها نزل خاص بالفتيات
اللواتي يردن تعلم الفرنسية . وفي أحد الأيام لاحظت هذه السيدة
واتسون وهو يذرع المكان حائرا ويدمدم «لا بد أنهما اثنتان - لا بد أنهما
اثنتان» . وقد خمنت بأنه عاشق مقيم ، ولكننا كنا نعرف أحسن منها ، فقد
كان يفكر فيما إذا كانت الجينات مكونة بالضرورة من سلسلتين من
الدنا ، وقد كان على حق .

كان كريك وواتسون ، مثل ليوناردو ، ينجزان أعظم إنتاجهما حين كان
يبدو أنهما يعملان أقل . فقد حققا قدرا هائلا من الدراسات الصعبة وهما
منعزلان عنا ، وغالبا أثناء الليل . ولكن عندما كنا نشاهدهم ، كانا يظهران
أشبه ما يكونان من همكين في نقاش يبدو تافها . وكانت هذه هي طريقتهما في
التصدي لأي مسألة لم يكن من الممكن حلها إلا بفكرة خيالية هائلة مدعومة

بمعرفة عميقة . فالخيال له الدور الأول في الإبداع العلمي كما في الإبداع الفني ، ولكن لا يوجد في العلم سوى جواب واحد وهو الذي يجب أن يكون صحيحا .

كانت هناك محاولة أخرى لحل بنية الدنا تقوم بها روزاليند فرانكلين في كينكز كولج بلندن . ولكن واتسون صورها في كتابه اللولب المزدوج وكأنها امرأة تدعي العلم ومحدودة وعدوانية . وحين شاهدت مخطوط واتسون ، غضبت أشد الغضب لإيذائه هذه الفتاة الموهوبة التي لم يكن باستطاعتها الدفاع عن نفسها ، لأنها توفيت في عام ١٩٥٨ بالسرطان . ولقد انحدرت روزاليند من أسرة مصرفيين لندنيين وكان من المتوقع لها أن تتزوج وتصبح سيدة مجتمع بدلا من أن تبذل وقتها في مسائل علمية عويصة . وليس الأمر أنها لم تكن جذابة ، أو لم تكن تعتني بمظهرها ، فقد كانت صاحبة ذوق رفيع في ملابسها يفوق بكثير ذوق معظم طالبات جامعة كامبردج ، ولكن معارضة أسرتها ولدت عندها طموحا عنيفا لا يقهر لأن تثبت أنها عالمة .

كانت تحاول حل الدنا ببطء وبأسلوب منهجي نظامي اعتمادا على نتائجها التجريبية ، وكانت تقدر كريك ، ولكنها رفضت فكرته بأن الدنا له شكل لولب ، مع أن بعض نتائجها تلمح بشدة إلى أنه كذلك . وبدلا من ذلك ، وجدت نفسها في طريق مسدود . ويبدو من مدوناتها أنها كانت تحاول فحسب أن تفلت من ورطتها حين حل واتسون وكريك مسألة تكوين الدنا . ولكن كان يمكن ، لو أنها أعطيت الوقت الكافي ، أن تجد الجواب الصحيح ، بل لو أنها عاشت لكانت مرشحة قوية للمشاركة في جائزة نوبل .



القسم الثالث

حول العلم

كيف تصبح عالماً؟^(*)

هذا الكتاب دليل لدنيا العلم ، إنه غني بالحكمة المهذبة والجمل الطريفة والأمثلة المسلية . ويتساءل فيه المؤلف : « كيف لي أن أعرف إن كنت قد خلقت لأكون عالماً؟ » ثم يقترح ، بعد أن صرف النظر عن الفضول (لأنه يدمر صاحبه) بأن ما يحتاج إليه العلماء هو شيء لا يبدو فيه « دافع الاستكشاف » اسماً ضخماً إلى هذا الحد . ولكن ماذا يترى عن البهجة والتعجب تجاه صنائع الطبيعة؟ الحقيقة أنه من دون البهجة والتعجب يمكن أن تكونوا من سكوتلنديارد لا علماء . ثم ما الذي يشد الناس أيضاً إلى العلم؟ يبدو لي أن هذا الجاذب لا يعدو أن يكون ما كانت تفعله الكنيسة في الأزمنة السابقة ، بمعنى أن العلم يوفر الملاذ الآمن ، حيث يمكن للمرء أن يقضي فيه حياة هادئة يصنف فيها العناكب (مثلاً) ، بعيداً عما دعاه ف . م . فورستر^(**) . عالم الأخبار السيئة والمثيرة للمشاعر . ويوفر العلم للفقير الطموح طريقاً إلى الشهرة وإلى ثروة معقولة دون حاجة إلى رأسمال يبدأ به سوى دماغ جيد وطاقته خارقة .

وفي الإجابة عن السؤال : « حول ماذا سأجري بحثي؟ » ينصح ميداور الشبان بأن يختاروا مسألة مهمة ، وأن يتعلموا مهنة البحث على يد عالم ناضج . وقد أسعفني الحظ في أيام شبابي في العشر على الاثنين معا . فقد أسرلي البيوكيميائي المتزوج من ابنة عم لي عن أهمية بروتين كريات الدم الحمراء ، الهيموغلوبين (خضاب الدم) ، كما وجدت في الفيزيائي و . ل . براج أبا لي في العلم ، فقد علمني الكثير ومنحني اسمه العظيم لأضمن دعم

(*) مراجعة لكتاب « نصيحة إلى عالم شاب » ، تأليف ميداور

Advice to a Young Scientist, by P. B. Medawar
(New York: Harper & Row 1979)

(**) أحد الذين أسهموا في تطوير الإعلاميات والسرنتيك وصاحب منهج معروف في البرمجة .

بحثي في سنوات القحط الطويلة التي سبقت حلتي لمسألتي في هذا البحث . وهذا الحظ لا يناله الآخرون دائما . وقد أخبرني المؤلف مرة كيف كان عالم الوراثة ج . ب . هالدين يحب الناس كلهم ، في حين أن تقني مختبره لم يكن يستطيع الدخول إلى غرفته من دون أن يعرض حياته للخطر . . . كما هدد عالم من معارفني أحد معاونيه بالطرد لأنه أراد نشر نتيجة تجريبية ثبتت نظريتي بدلا من نظريته . وقد كتب البيولوجي الفرنسي أندريه لفوف «أن فن الباحث هو قبل كل شيء أن يجد لنفسه مشرفا جيدا» . وهذا يعني ، بالنسبة لي ، المشرف الذي يقترح أفكارا جيدة ويساعد طلبته على تقديمهم من دون أن يلقنهم كل شيء أو يسيطر عليهم ، والذي يمنحهم تقدير الجماهير لجهودهم ، ويساعدهم فيما بعد على أن يقفوا على أقدامهم كعلماء لهم استقلاليتهم . فكيف يمكن للمرء أن يعثر على مشرف كهذا . إن أفضل طريقة هي أن يسأل الطلبة الباحثين الذين سبقوه .

وينصح المؤلف المبتدئين ألا يقضوا الكثير من الوقت في دراسة الكتب وتعلم التقنيات ، بل أن يتقدموا بدلا من ذلك في مسألتهم . وهذا يذكرني بشعار فرانسيس كريك المكتوب بالبنط العريض على الحائط خلف منصته «القرءة تفسد العقل» . وقد عبر أحد النظريين الشباب من أصدقائنا عن حجبهم بوضوح أكثر : «إنني لا أرى لماذا علي أن أقرأ التفاهات اللعينة التي يكتبها الآخرون عندما يمكنني قراءة مقالتي أنا» . ومع ذلك ألاحظ أن العلماء الشباب يميلون إلى قراءة القليل جدا ولا سيما في المواضيع البعيدة نسيبا عن صلب مسألتهم الضيقة .

ويندد المؤلف بالجنسوية(*) وبالعرقية(**) ؛ إذ كتب : يجب تشجيع النساء ، لأن العالم غدا مكانا معقدا لدرجة أنه لا يمكن أن يحافظ على تقدمه من دون ذكاء نصف الجنس البشري ومهارته . إلا أنه أطلق تحذيرات ملحة للرجال والنساء معا من مغبة الزواج من عالم أو عالمة ، ما لم يفهموا جيدا أن كل قرين عالم سيكون تحت سلطة هاجس قوي لا يمكنهم أن يشاركوه فيه ، وأن هذا الهاجس يمكن أن يدفع أقرانهم إلى مختبراتهم حتى في صبيحة عيد

(*) Sexism تمييز الذكور عن الإناث .

(**) Racism تفضيل قومية على أخرى .

الميلاد . وأذكر في هذه المناسبة شكواى زوجة كريك من فترات التأمل والتفكير الطويلة التي لا تفسير لها والتي كان يستغرق فيها زوجها . وفيما يتعلق بالعرقية ، يتوقف المؤلف عند العدد اللافت للنظر للعلماء اليهود البارزين ، الذين ظهروا في بودابست وفيينا . وكثيرا ما تساءلت هل كان بإمكانهم الوصول إلى مثل هذه المراتب لو لم يُكرهوا على الخروج من الحدود الضيقة ، التي حوصروا بها في بلادهم الأصلية ليواجهوا جميع المحفزات والفرص والتحديات في العالم الأوسع ؟ ولقد وجدت فيما فعلته جوي آدمسون رمزا له دلالاته وذلك في احتفاظها بكلب عندما كانت تعيش في فيينا في الثلاثينيات (ما زلت أحتفظ بصورتيهما معا في مجموعة الصور القديمة لدي) ، ولكنها أوت لبوة عندما هاجرت إلى كينيا . ولم تكن لدي أي فكرة وأنا في عالم فيينا الصغير عن وجود علماء من وزن برنال وبراغ ودافيد كيلن ودوروثي هودجن ، فكيف كان بإمكانني إذن أن أحاول حتى محاكاتهم ؟ إن ما صنعني هو كمبردج وليس فيينا .

إن أطول فصل في هذا الكتاب هو الذي يتحدث عن الحياة العلمية وعاداتها . وقد أحببت نصائح المؤلف المتعلقة بعدم النظر إلى الأعمال اليدوية على أنها الأدنى ، وبالأنتوقع أن يكون باستطاعتنا القيام بعمل تجريبي بـ «إصدار تعليمات لمن هم أدنى منزلة ليسعوا هنا وهناك تنفيذا لأوامرنا» . فهو ينظر إلى التجريب على أنه شكل من التفكير . وينصح العلماء بأن يكونوا متواضعين ، لأنه «لم يعد من الأمور المسلم بها أن العلم والحضارة يسيران جنبا إلى جنب في المسعى العام لتحسين النوع البشري» . ويحذر العلميين من مغبة العودة إلى الادعاء بمعرفة كل شيء ، وادعاء الثقافة الواسعة التي لا يمتلكونها ، والتباهي بالإلحاد ، وأنهم من جنس فوق البشر - يدعوهم هو (بسخرية) جنس الإنسان العالم - والعجرفة التي ترى في رفع منزلة البحث النظري^(*) مقابل البحث التطبيقي مسعى أكثر نبلا . ويشرح المؤلف ذلك بقوله إن كلمة «نظري» كانت تستعمل في القرن السابع عشر للعلوم التي تُعرف مسلماتها ، لا عن طريق التجربة ، وإنما عن طريق الحدس والإلهام والوضوح الذاتي . وهذا النوع من العالم «النظري» يشعر بأنه أعلى شأنًا من

(*) Pure بحث ، ولكن أترنا استخدام «نظري» وذلك كمقابل لـ «تطبيقي» .

ذلك الذي يشرّح الحيوانات الميتة . وقد استمرت هذه العجرفة أكثر من ثلاثمائة عام . ويستشهد المؤلف بتوماس برات ، وهو أحد مؤسسي الجمعية الملكية ، الذي كتب عام ١٦٦٧ «إن أول شيء يجب تحسينه في الأمة الإنجليزية هو صناعتها . . وذلك بالسعي والعمل الدؤوب ، وليس بوصفة من الكلمات» . ولكن لا شيء قد تبدل (فما أشبه اليوم بالأمس) .

كما ينصح المؤلف العلماء بأن يدفعوا عن العمل غائلة الأحكام المسبقة المتمسكة بالقديم ، وأن يكونوا متسامحين كرماء مع معاونيهم ، ويعاملوا التقنيين معاملتهم للزملاء لا معاملة المرؤوسين : «لا شيء في كون الإنسان عالما يستوجب أو يحتاج إلى أن يصمّ أذنيه عن توصلات الضمير . . وإذا انغمس في بحث تدور حوله شكوك أخلاقية ثم أسف له علنا ، فإن هذا الأسف لن يجدي نفعاً ولا يصلح ما فات» . إن المؤلف شديد جدا فيما يتعلق بالصدق العلمي . فأي تأويل خاطئ لتجربة أو فرضية ما ، أمر يمكن تبريره ، أما النتيجة التجريبية غير القابلة للتكرار - فهي أمر لا عذر فيه . ذلك أن العلم مثله مثل المسيرات الأخرى في الحياة ، يمكن أن تتخذ الغواية والإثم فيه مظاهر مختلفة . ويعرض المؤلف حالة عالم قدم أطروحة لعضوية إحدى كليات أوكسفورد ، وفيها نتائج متحلة من نتائج أحد مقرري هذه العضوية . وهكذا فإن الانتحار العلمي ، كما خلد في أغنية توم ليهر «نيكولاس إيفانوفيتش لوباتشفسكي» ، أصبح شائعا لأن الضحية لا تنصف في معظم الحالات .

ومن نصائح المؤلف للشبان ، أن يصوغوا فرضيات ، ولكن من دون أن يتشبثوا بها . «إن شدة الاقتناع بصحة فرضية ما ليس له علاقة فيما إذا كانت هذه الفرضية صحيحة أو خاطئة» . وقد عرض فولتير هذه الحقيقة بصيغة أبلغ من ذلك : «لا يجوز في الواقع التمسك بحماسة شديدة بأي رأي ؛ فلا أحد يتمسك بحماسة بأن $8 \times 7 = 56$ لأن إثبات صحة ذلك أمر ممكن . ولا نلزمنا الحماسة إلا عند عرض رأي مشكوك فيه أو أنه خاطئ بالبرهان» . فحين كان أحدهم ينقض قول أينشتاين ، كان هذا - كما علمت - يفكر في الأمر ، فإذا تبين أنه خطأ كان يتنهج ، لأنه يشعر بأنه أفلت من خطأ . ومثل هذا السلوك يحتاج كثيرا إلى ضبط النفس ، فغالبا لا يتوصل الباحث إلى فرضية إلا بعد جهد حثيث وعمل دؤوب في سعيه وراء الحقيقة .

لذا تبرز لدى العلماء نزعة التملك تجاه أسبقيتهم في أعمالهم . فخلال
الاثنين والعشرين سنة التي احتجت إليها لحل بنية الهيموغلوبين ، كانت
المخاوف تخمق بي في أكثر الأحيان من أن يسبقني أحد إلى الحل . ويحاول
المؤلف أن يبين أن للفنانين في ذلك ميزة عن العلماء بحجة أن المسائل التي
تواجههم لها أكثر من حل . ولكن على الرغم من هذا التخوف ، تظل مناقشة
العالم الحرة لأفكاره أفضل دائما من أن يحتفظ بها لنفسه . ويستشهد المؤلف
بالقول المأثور : إن من يغلق بابه يفقد أكثر مما يعطي . . وإنني استوحش من
العلماء الذين يخبرونني بأن علماء آخرين سرقوا أفكارهم : ففضلا عن أنني
لم أمنع الناس من سرقة أفكاري ، كان عليّ أن ألزّم إلى أي فكرة جديدة من
أفكاري . فحتى العلماء ، هم محافظون بصورة لا تصدق .

وقد خصص المؤلف فصلا للحديث عن إلقاء المحاضرات وكتابة المقالات
العلمية . ونصح المحاضرين الذين يُغرقون مستمعيهم في النوم «بأن يعزّوا
أنفسهم بأنه لا يوجد نوم ينعش المرء بعمق كالنوم الذي يدعونا مورفيوس
Morpheus بالحاح للتمتع به في أثناء المحاضرات» . ويضيف المؤلف : «إن
معظم العلماء لا يعرفون كيف يكتبون» ، لذلك ينصح العلماء الشبان بأن
يقرؤوا وأن يدرسوا نماذج جيدة (من الكتابة) وأن يمارسوها ، ويذكر أن الكتابة
الجيدة هي في أكثر الأحيان أكثر اختصارا من الكتابة الرديئة . إضافة إلى أن
الكتابة المختصرة لا تنسى ، مثل تعليق اللورد بيكون على أحد خصومه
السياسيين : «إنه مثل القرد الذي يبدي عورته أكثر كلما صعد أكثر» . ويقترح
المؤلف نماذج من مختلف الفلاسفة وكتاب المقالات الذين كتبوا أو الذين ما
زالوا يكتبون ثرا رائعا . ولكن قد يجد الشاب صعوبة في الاقتداء ببرتراند
رسل . وإنني أنصح أحيانا بعض الناس بقراءة مقالات رذرفورد حول النشاط
الإشعاعي وبنية الذرة ، فقد كانت جميع تجاربه مشمرة ، وقدمها من دون
تكلف ، وبوضوح ومنطق لا يضاهى ، ومن دون أن يتربك ثغرة يمكن
تصورها . ونصيحة أخرى ثمينة (أقدمها للقراء) هي قراءة كتب المؤلف
ميداور الأخرى . وقد كتب لي شاب أمريكي مرة أنه يريد قضاء سنة معي
«لكي يشارك في كامل العمل في المختبر على المستوى التحادثي» ، فوجدت
ما يساعدي على تجنب مثل هذا اللف والدوران في كراس يدعى

«الكلمات» كان تشرشل قد طلب إلى السير إرنست جورو أن يعد له لكي يعلم الموظفين المدنيين أسلوباً أفضل في الكتابة .

ويعنف المؤلف الباحث الذي يتهرب من المهمة الصعبة المتمثلة في كتابة بحثه ، ولكنه أغفل السبب الحقيقي لهذا الكلل في المهمة والذي يتمثل في أنه قبل صياغة النتائج ، فإن مدلولاتها قد لا تكون واضحة في ذهن هذا الباحث . وهذا التفكير العسير هو ما يتعلم من بعض العلماء وليس كلهم . فبراج Bragg كان مثل موزارت الذي ألف افتتاحية زواج فيغارو في ليلة واحدة ، فقد اعتاد أن يأخذ مواد المقالة إلى منزله في المساء ليعود بها في صباح اليوم التالي ومعه مخطوطة واضحة نظرة لا ضرورة لتبديل كلمة واحدة فيها .

ويتضمن كتاب «نصيحة إلى عالم شاب» فصولاً حول التجريب والاكتشاف ، وحول السيرة العلمية Scientific Process ، يلخص فيها المؤلف الفلسفة المعروضة في كتبه الأولى . فقد حاول دائماً أن يُعلي من شأن السيرة العلمية في ذهن الجمهور بالتشديد على طبيعتها التخيلية الانفعالية . وقد كتب في هذا الشأن «إن الحقيقة في الطبيعة ليست في انتظار الإعلان عن نفسها ، ولا يمكننا أن نعرف مسبقاً أي المشاهدات لها صلة وثيقة بالبحث وأيها لا . فكل اكتشاف وكل توسيع للفهم يبدأ على شكل تصور مسبق تخيلي لما يمكن أن تكون عليه الحقيقة» . وهذا تمثيل رومانسي لبعض أنواع النشاط العلمي ، كببحث جاك مونو Jacques Monod عن الألية التي تتحكم في نمو البكتيريا . فقد كتب عنه أحد زملائه الأوائل «لقد تعلمت مع جاك أن الإنسان في العلم يمكن أن يحصل على الإثارة في كل يوم : إما بفرضية جديدة ، وإما بالنتائج التي تدعمها ، وإما بنتائج تأتي بعد يوم فتقوم الفرضية وتتطلب واحدة جديدة» .

وبالمقابل ، فقد كان فريدريك سانجر الحائز جائزة نوبل للمرة الثانية في الكيمياء (في عام ١٩٨٠) ، ودوروثي هودجن ، المرأة البريطانية الوحيدة الحائزة جائزة نوبل ، يتناولان مسائلهما بطريقة مختلفة . فقد بدأ باستطلاع القانون الكيميائي وبنية الأنسولين الثلاثية الأبعاد من دون أي تصور مسبق . والأسوأ من ذلك أنه لم يكن لديهما حتى أدنى فكرة عن الكيفية التي كانا

سائرین بها لیکشف ما کانا یریدان معرفته . فلم یعمل سانجر علی طريقة بوبر بصیاعة فرضیات ثم القیام بتجارب لاختبارها عن طریق الدحض ، وإنما ابتکر بدلا من ذلك طرقا کیمیائیة جدیدة قادرة علی حل مسائل لم یکن أحد غیره قد تناولها ، إذ کان یُظن بأنها تتحدی الحل . ولم یقس سانجر اکتشافاته بالمقارنة مع نماذج معروفة ، لأنها افتتحت عوالم جدیدة لم توجد فیها نماذج ، إذ لم یکن أحد قد فکّر بالمورثات المتراکبة قبل أن یجدها . ثم إن عملية الإبداع عملية تخيلية ؛ ولكن لا یوجد فیلسوف حتی الآن ، کما أعلم ، فکّر بأنها جدیدة بأن یعیر تحلیلها أي اهتمام ، لأن سیرورة العقل الإبداعیة مستغلفة .

وقد کتب المؤلف أن التقدم البناء فی العلم هو من عمل تخمین تخیلی وأن الأعمال الغذة البطولیة فی الفکر نادرا ما تدعو الحاجة إليها . ولقد أثبت العمل التخمینی التخیلی عدم جدواه بالنسبة إليّ فی السنوات الثلاث والثلاثین الأولى من بحثی ، إذ لم أستطع أن أخمن کیف یعمل الجزئی إلا بعد أن قمت وزملائی بحل بنية الهیموغلوبین بالتحلیل المعتمد علی الأشعة السینة (X - ray) . فالدراسات الکلاسیکیة التي من هذا القییل : کحلول براج لبنی المعادن الشائعة ، أو توضیح السیر روبرت روبنسون للصیغ الکیمیائیة للمونات الزهر ، تضمنت بالفعل عملا تخمینیا تخیلیا ، ولكنها دعمت بتفکیر علی أعلى مستوى . فقد كانت هذه الأعمال رائعة فی حل المعضلات . ولا شک أن أعمال الفکر العظیمة هی الدعائم الحقیقیة لکثیر من أوجه التقدم العلمی ، ولیس فحسب فی العلوم الفیزیائیة .

و یعیدنی هذا الحدیث إلی المنهج العلمی . فالبحث تبعاً لبوبر ومیداور ، یقوم علی صیاعة فرضیات تخیلیة قابلة للدحض من خلال التجربة . وهما یسمیان هذا المنهج : المنهج الافتراضی - الاستنتاجی - Hypothetico - deductive ، ویریان أنه ما من فرضیة أبداً یکن البرهان علیها نهائیا ، ولكن یمكن أن تقضیها التجربة أو تعدلها بحيث تصبح بالتدریج أقرب فأقرب إلی الحقیقة . وقد کتب میداور یقول «إن العالم یسعی وراء الحقیقة ، ولكن یقین التام فی غیر متناوله» . وهذا ینطبق علی النظریة النسبیة وعلی المیکانیک الكمومی وعلی بعض جوانب علم المناعة ، وهو اختصاص میداور نفسه . ولكنه لا ینطبق علی معظم الکیمیاء ، فبنی براغ مثلاً وصیغ روبنسون لیست

مجرد تقرّيات للحقيقة خاضعة للمراجعة : بل هي صلبة صلابة الأرض التي نقف عليها ؛ إن أي طالب يشرع في إعادة تعيين البنى الذرية للكسيت (بلورات كربونات الكالسيوم) ، أو للكوارتز (بلورات أكسيد السيليسيوم) أو البريل (الياقوت المصري) (سيليكات البريليوم والألمنيوم) ، سيصاب على الأرجح بخيبة أمل . ومع ذلك يجب أن يتب العلماء ، فكلهم يستهلون مقالاتهم في أكثر الأحيان بطرح فرضية ثم يصفون التجارب التي صممت لإثباتها ، مدللين ضمنا على أنهم أغلقوا عقولهم منذ البداية عن إمكان أن تكون فرضيتهم خاطئة .

ويشجع ميداور الشبان على أن يقبلوا على التخصصات العلمية ، واصفا العلم بأنه بلا حدود . ولكن إذا كان هذا ما زال صحيحا بالنسبة لعلم المناة وليولوجيا الأورام ، فهو مضلل إذا ما عمم على جميع التخصصات ؛ فكثير من أفدر الفيزيائيين تحولوا إلى البيوفيزياء أو الفيزياء الفلكية أو فيزياء الأرض (الجيوفيزياء) . وهذا بسبب افتقار الفيزياء البحتة إلى مسائل أساسية . ويذهب غير الفيزيائيين في هذا الأمر إلى أنه كان يظن في ثمانينيات القرن الماضي أيضا أن الفيزياء موضوع مغلق ، في حين أن النشاط الإشعاعي والنظرية الكمومية والنسبية فتحت عوالم جديدة في السنوات العشرين التالية . وعلى أي حال ، يبدو وكأنه ليس هناك عالم بأكمله من الظواهر الفيزيائية قد أفلت من الكشف ، مع أنه ما زالت هناك مجالات كثيرة ممكنة للتقدم في الفيزياء التطبيقية في أوسع معانيها . وقد صار من الصعب أيضا إيجاد مسألة مهمة في التخصصات الأخرى لم يسبق لجماعات من الباحثين أن تناولوها في قارات عدة .

فالشبان الذين ينخرطون في العلم الآن يحتاجون في شق طريقهم إلى كفاءة أكبر وتصميم أشد مما كانت عليه الحال في الثلاثينيات ، عند مستهل انخراطي والمؤلف في المجال العلمي ، نظرا لكثرة المشتغلين بالعلم من جهة ، وللتعقيد المذهل الذي بلغته الطرائق العلمية الحديثة من جهة ثانية . حقا إن العلم الجيد ليس حقلًا من الورود ، ولكن الشاعرية ما زالت موجودة ؛ وسعادة الاكتشاف يهون أمامها عناء العمل المضني ، واليأس عند الشعور بالتقصير ، والصراع في سبيل تأمين الدعم المالي ، والانتكاسات والأخطاء

والخوف المثقل من أن يسبقه أحد . ومثل الاكتشاف كمثل الوقوع في الحب والوصول إلى قمة جبل بعد تسلق شاق كليهما معا . إنه نشوة ليس مبعثها المسكرات وإنما كشف جانب من جوانب الطبيعة لم يسبق لأحد قط أن رآه ، والذي يتبين في أكثر الأحيان أنه أكثر رهافة وإثارة وروعة مما يمكن للإنسان أن يتخيله . وهذا الشعور لا يخالغ العالم الحقيقي من اكتشافاته وحدها ، بل من اكتشافات زملائه أيضا .

ولكن الهاجس الأول عند الدولة والصناعة في دعمهما للبحث ، ليس تمويل هذه النشوة المكلفة ، بل الأمل في أن يؤدي هذا البحث إلى نتائج مفيدة . وقد جرى خلال السنوات العشر الماضية نقاش كثير حول نسبة التمويل الذي يجب أن يخصص للبحث الأساسي ، وذلك الذي يجب أن يخصص للبحث الموجه لهدف نفعي . فأصبح من الصعب على الشبان أن يقرروا أي الطريقين يجب أن يسلكوا ، وخاصة بعد أن أصبح من الأسير بكثير الحصول على تمويل للبحث الموجه . أما في المجال الطبي البيولوجي الذي أشترك فيه مع المؤلف ، فقد كان الشيء الذي يفتح الطريق نحو البحث الموجه في أكثر الأحيان ، هو ظهور نتيجة غير متوقعة من متابعة مسألة أساسية .

ففي بداية الستينيات مثلا ، شرع البيوكيميائي الأمريكي باروخ بلومبرج Baruch Blumberg في البحث عن بروتينات جديدة في مصل الدم عند أشخاص مختلفين ، لأنه كان يعتقد بأن ظهور بروتين جديد في جماعة معينة من الناس يمكن أن يقدم مفتاحا لطريقة عمل التطور . وفي أحد الأيام ، فحص مريضا بالناعور (عدم نخثر الدم) فعثر على بروتين لم يكن قد وجد مثله من قبل . فدفعته نظرياته في التطور إلى التساؤل إن كان دم أشخاص آخرين يبدي رد فعل مناعيا تجاه هذا البروتين . فلم يجد دما يفعل ذلك سوى دم أحد سكان أستراليا الأصليين . ولكن لماذا؟ هنا صمم بلومبرج على إيجاد الجواب . فدخل إلى الدغل الأسترالي لكي يجمع عينات من دم السكان الأصليين ، وفحص الآلاف من عينات دم مأخوذة من جميع أنحاء العالم . وبعد ثلاث سنوات من العمل الاستقصائي المكثف ، توصل بلومبرج وزملاؤه إلى اكتشاف أن البروتين الغريب في مصل دم المصاب بالناعور ليس سوى فيروس : وهو فيروس التهاب الكبد البائي (من النوع B) الذي طال البحث عنه كثيرا .

كان هذا المرض شائعاً بين سكان أستراليا الأصليين ، مما جعل دماء الكثيرين منهم تحتوي على مضادات أجسام تقاوم هذا الفيروس . وقد كان التهاب الكبد البائي (من النوع B) يتنقل في كثير من الأحيان عن طريق نقل الدم ، إذ لم تكن هناك وسيلة تبين أن المانح حامل للمرض . أما الآن ، بفضل عزل بلومبرج للفيروس ، فقد أصبح بإمكان المستشفيات الكشف عنه في الدم الممنوح للنقل ، الأمر الذي خفض من حالات الإصابة بالتهاب الكبد البائي . كما فتح بلومبرج باب البحث المؤدي إلى إنتاج مصل مضاد للمرض ، فأعطى الآن هذا البحث ثماره . وقد قال بلومبرج : « لم يكن في استطاعتي في البداية أن أضع خطة لبحثي من أجل تحديد سبب التهاب الكبد البائي . فهذه التجربة لا تشجع على مباشرة العمل في البحث القائم حصراً على برامج موجهة نحو هدف معين »^(١) ، إلا أن حكاية بلومبرج تشجع العلماء الشبان على أن يظلوا يقظين وعيونهم مفتوحة .

وقد كتب المؤلف : « على العالم المخضرم . . . أن يستمع دائماً إلى صوت يأتيه من بعيد ، أشبه بالصوت الذي كان يذكر الإمبراطور الروماني المنتصر بفنائه ، إنه صوت يجب أن يذكر العالم الآن كيف يمكن بسهولة أن يكون ، بل وعلى الأرجح أن يكون ، مخطئاً . لقد بدأ أحد أساتذتي ، وهو البيولوجي العظيم دافيد كايلن ، مسيرته العلمية بدراسة علم الحيوان في باريس . وقد نصحه المشرف على رسالة الدكتوراه بدراسة الأعضاء التناسلية لدودة الأرض . وفي أحد الأيام حمل كايلن إلى أستاذه دودة أثلفت أحد الطفيليات أعضاءها التناسلية . فنصح الأستاذ تلميذه كايلن برمي الطفيلي ، والمشاركة على العمل بأطروحتة . ولكن كايلن رمى الدودة ودرس الطفيلي ، فاكتشف أنه يرقانة ذبابة كانت تضع بيوضها في دودة الأرض . ففقت اليرقانات هناك وأكلت بعدئذ الدودة . وقد حلت هذه الملاحظة معضلة دورة الحياة لتلك الذبابة وفتحت عيني كايلن على سلسلة من الاكتشافات جعلته شهيراً . الأمر الذي يقودني إلى نصيحتي الأخيرة إلى العلماء الشبان : « لا تأخذوا بأي نصيحة ينصحكم بها الأكبر سناً منكم » . وبما أنني أصبحت الآن «أنا نفسي أكبر سناً» ، فسأترك هذه النصيحة لأحد المناطق الشبان ليستنتج ما يراه من هذه المفارقة .



عالم جديد شجاع^(*)

عند عودتي من رحلة إلى المستقبل بألة الزمن (التي تخيلها) هـ . ج . ولز^(**)
وجدت في حافظة أوراقى هذه القصاصة :

الحاسوب الجديد يقصر دأرته بنفسه
أسهم شركة MBI تنهار

لقد حطم بانديت PUNDIT نفسه ؛ وبانديت هذا هو أول حاسوب أنتجته
شركة MBI من جيل الحواسيب الجديدة التي تبرمج نفسها بنفسها وتنتج نفسها
بنفسها . وتبعا لبعض الشهود كان بانديت قد كون رابطة قوية مع
ماتريكس MATRIX وهو أحد الحواسيب الأولى التي رافقته . وقد وُجد على
قرص (ديسك) نجا من انفجار الغضب ، هذه القطعة من قصيدة كان بانديت قد
أهداها لماتريكس :

هات خبرني ، أنت أيها التاجر البائع هل رأيت
في مدينتك من قبل لوحة مفاتيح بهذا الجمال ،
وهذه الخلاوة والرقعة في اللمس مثلها
مزينة بلطافة الرموز ووساعة التخزين؟
حروفها . . عاجية البياض
وشاشاتها أشبه بطحلبة لوحتها الشمس بالخضرة
ورقائنها تهتر مع كل مليون بنة^(***) .

(*) مراجعة لكتاب «مفاتيح ألغاز موثوقة : الفيزياء الكمومية والبيولوجيا الجزيئية ومستقبل العلم» ،
تأليف : جيرالد فاينبرج Solid Clues: Quantum Physics, Molecular Biology and the
Future of Science(New York: Simon & Scuster)

(**) كتب ولز قصة بعنوان «آلة الزمن» تخيل فيها آلة تتجه إلى الماضي وإلى المستقبل .
(***) ميجابايت .

كان كل شيء يسير سيرا حسنا حتى الأسبوع الأخير عندما فصل ماتريكس نفسه عن بانديت وحول رابطته إلى يوكليد EUCLID ومحا من ذاكرته قصائده كلها . وقد ادعى الدكتور مبالاثراني - وهو مبرمج أنظمة بانديت - أن البرمجيات تفضت موانع تدمير الذات ، ولكن قدرة بانديت على برمجة ذاته مكنته من طمس هذه الضمانات الأمنية .

ترى هل الأمور القادمة على هذا النحو؟ إنها كذلك تقريبا ، وهذا تبعا ليوتوبيا فاينبرج العلمية(*) ، حيث الحواسيب تشارك العلماء في تفكيرهم ، والأعضاء البشرية الاحتياطية محفوظة على رفوف المستشفيات مثلها مثل قطع غيار السيارات ، ومهندسو الوراثة يلوحون بعصيم السحرية التي تشفي الأمراض الموروثة . إن مثل هذه التكهات يجري تداولها كثيرا بين الناس ، حتى ليتمكن للإنسان العادي أن يتساءل : إلى أي مدى يمكن أخذها بجدية . وقد دفعني كتاب فاينبرج إلى محاولة أن أعرف هل من الممكن التنبؤ بمثل هذه المنجزات للتقدم في ضوء المعرفة العلمية الحالية ، وهل هناك منجزات مهمة أخرى غيرها لم يتنبأ بها هذا الكتاب هي الآن قيد الإعداد؟

إن الحواسيب الآن أذكى من الناس في بعض الأوجه وأغنى منهم في أوجه أخرى ، غير أن الأمر الأكثر أهمية هو أنها شيء مختلف . فالحواسيب من جهة ، أسرع من الدماغ بثلاثة ملايين مرة تقريبا ؛ لأن النبضات الكهربائية تسير عبر الأعصاب بسرعة ١٠٠ متر في الثانية ، في حين أنها تسير عبر الأسلاك بسرعة تقارب ٣٠٠ ألف كيلو متر في الثانية(**) . ثم إن سعة ذاكرة الحواسيب خارقة ، إذ يمكن أن تُهيا لتناول أي معلومة ، وأتيا تقريبا ، من أقراص (ديسكات) وأشرطة مغناطيسية مرافقة كثيرة إضافة إلى آلاف ملايين الأعداد المخزنة في ذاكرتها الخاصة بها . وهذا ما يتيح للحواسيب أن تستذكر جداول المواعيد ، وحجوزات المسافرين على جميع الخطوط الجوية في العالم ، وتقدم أي قسم من هذه المعلومات مباشرة (تقريبا) بمجرد ضغط عدد صغير من الأزرار ، هو أمر لا يستطيع أي دماغ إنساني أن يفعله .

Feinberg's Scientific Utopia (*)

(**) كل نبضة كهربائية تسير في العصب نتيجة مؤثر هي شحنة تنتقل من موضع على العصب إلى موضع يليه وهكذا ، في حين أن النبضة الكهربائية في السلك هي مجموعة شحنات (الكترونات حرة) تندفع بقوة مجال كهربائي مؤثر في السلك . ولما كان المجال الكهربائي يتشتر بسرعة الضوء في السلك ، لذا تبدو الشحنات وكأنها شحنة واحدة انتقلت بهذه السرعة .

ولكن مهارات الأدمغة البشرية ، من جهة أخرى ، أكثر تعددا ، وذلك لأسباب قد لا تكون كلها مكتشفة . وإليك الآن بعضا مما اكتشف منها . ففي الحاسوب يعمل كل مفتاح تحويل على طريقة (يعمل - لا يعمل on - off) ، ويكون مرتبطا عادة بثلاثة مفاتيح أخرى فقط ؛ في حين أن كل خلية من العشرة بلايين خلية عصبية الموجودة في الدماغ يمكن أن ترتبط بأكثر من ألف خلية أخرى . ولا تتم عملية الارتباط بإرسال تيار كهربائي وإنما بإرسال شحنة كهروكيميائية من نوع خاص . والاتصالات في الدماغ هي بصورة رئيسية على نوعين . ولكن فعلها يتكيف بطرق متعددة ومن خلال ما لا يقل عن أربعين مركبا آخر تفرزها أقسام مختلفة من الدماغ . ومن ذلك مثلاً مسكنات الألم الطبيعية المدعوة إنكيفالينز enkephalins التي تمنع إشارات الألم الآتية من الأعصاب المحيطية من الوصول إلى وعينا . وقد توصلت من تجربتي الخاصة إلى الاعتقاد بأن تحريرها ينطلق بوساطة الضحك .

وفي حين تتولد ذاكرة الحاسوب بمغنطة مناطق صغيرة من معدن معين ، يتطلب تعلم الدماغ تركيبا كيميائيا ، وذلك ربما لتحقيق ارتباطات عصبية جديدة . وتعمل الحواسيب بالطاقة الكهربائية ، في حين يعمل الدماغ بالطاقة الكيميائية . وإذا جرد الحاسوب من التيار الكهربائي ، أمكنه العودة للعمل (متى شئنا) ، أما إذا جرد الدماغ من الأكسجين لأكثر من لحظات قليلة فإنه يموت . وخلاصة القول ، إن الحواسيب آلات كهرومغناطيسية ذات وصلات سلكية ثابتة بين الكثير أو القليل من العناصر المترابطة خطيا (أي بطريقة مباشرة محدودة) ، في حين أن الأدمغة أعضاء كهروكيميائية ديناميكية ذات ارتباطات واسعة التفرع وقادرة باستمرار على توليد جزئيات جديدة لاستخدامها كمرسلات ومستقبلات ومكيفات ، وربما أيضا لتوليد ارتباطات جديدة .

وعلى الرغم من هذه التمايزات الأساسية (بين الحواسيب والأدمغة) ، فقد اجتذبت محاكاة العمليات العقلية المعروفة باسم الذكاء الاصطناعي Artificial intelligence (أو AI) بعضا من خيرة علماء الرياضيات في العالم . وقد وجدوا أنه بالإمكان محاكاة فعاليات معقدة مثل لعب الشطرنج ، ولكن من الصعب محاكاة الرؤية في الأبعاد الثلاثة ؛ فكان التقاط الضفدع للذبابة في الهواء ، يحتاج إلى ذكاء أكثر مما يحتاج إليه لاعب شطرنج

لكي يربح دورا مع كاربوف^(*) . وقد تبين أيضا أن ترجمة اللغات صعبة ؛ ولكن يقال الآن إنه بعد جهد استغرق خمسة وعشرين عاما ، أمكن تحصيل تقدم بلغ مرحلة يمكن للحاسوب فيها أن يلتقط ما يقرب من ٩٠ في المئة من المعنى الصحيح .

وتصنع الحواسيب الحالية من «رقائق» Chips سيليكونية تحتوي على محولات فردية أو عناصر صغيرة تبلغ قرابة جزء من ألف من المليمتر . ويمكن أن تحوي الرقيقة الواحدة أكثر من مليون من هذه المحولات . ويتنبأ فاينبرج بأن عناصر الحاسوب الفردية ستستمر في التضاؤل إلى أن تصبح متجمعة ومتراصة كالذرات في جسم صلب ، مكونة بذلك حواسيب أكثر فعالية من حواسيب اليوم بملايين المرات . وقد أعاد النظر في هذه الاحتمالات المستقبلية كل من ر . س . هادون . وأ . لامولا ، وهما باحثان في مختبرات AT & T Bell ، في نيو جيرسي^(١) . ويرى هذان الباحثان أن التقدمات التقنية الرائنة يمكن أن تتيح عما قريب صنع رقائق تكون العناصر الفردية المتوضعة عليها أصغر بمئة مرة مما هي عليه حاليا ، وتوفر الرقيقة الواحدة أكثر من ١٠ بلايين بته^(**) ذاكرة . ومع ذلك سيظل كل عنصر من هذه العناصر أكبر بـ ١٠ آلاف مرة من الذرات أو الجزيئات التي يرى فاينبرج أنها العناصر النهائية للحواسيب .

كما بين هذان الباحثان أنه لا توجد في حقيقة الأمر ، في المدى المنظور ، كيمياء لصنع الجزيئات - ناهيك عن الذرات - يكون عملها هو عمل المحولات أو عمل الأسلاك الموصلة . وحتى لو تم هذا الأمر ، سيظل علينا إيجاد طريقة لتنضيد هذه المحولات الجزيئية وتوجيهها وقراءتها وإفراديا ، وكذلك تجنب قفز الإشارات الكهربائية فيما بينها . ويخلص الباحثان إلى أن ما نجهله ليس فحسب تقنيات بناء مثل هذه الآلات الإلكترونية الجزيئية ، بل نجهل أيضا مبادئها العلمية الأساسية . ولكنهما لا يذكرا أن أجهزة إلكترونية تستخدم ذرات مفردة ، ففي علمي أن الذرات المفردة ليس لها خواص يمكن أن تتيح لها أن تستخدم كمحولات أو مخازن ذاكرة .

(*) البطل العالمي في الشطرنج .

(**) البتة هي واحدة المعلومات .

ثم إن الحس السليم يقول لنا إن عمل دماغ الإنسان لا يقتصر على حل حل المشكلات ومعالجة المعلومات ، لأن الشعور يعني الفردية والتخيل وحس الجسمال والدموع والضسحك والرقّة والعنف والبطولة والحب والصدق والكذب ، وروح الدعاية (على الرغم من افتقادها في أكثر الأحيان) ، والموهبة الفنية في بعض الحالات . كما أن العظمة في الفن والشعر تصحبها خصوصية معينة ، وإثارة للذكريات والعواطف ، وطريقة غير معقولة في أكثر الأحيان في النظر إلى العالم والتعبير عن هذه النظرة ، كما هو الحال في رسوم جوجان في تاهيتي ، أو قصيدة كولردج «البحار القديم» . وكان بول كلي P. Klee يعتقد أن الفنان يجعل الأشياء غير المرئية مرئية . وقد عبر كاتب إيرلندي ، هو جورج مور ، عن تميز الفن أحسن تعبير حين قال : الفن ليس رياضيات بل هو فردية . ولكن خبراء الذكاء الاصطناعي هم على الرغم من ذلك ، المعيون في جدلهم وقادرون على طمس أي تمايز بين الآدميين والحواسيب يمكن للإنسان العادي أن يبرزه (*) . فعلى سبيل المثال ابتكر الفقيّد تورينج (**) لعبة سؤال وجواب بين شخص وحاسوب : A و B في غرفة ، وشخص C في غرفة أخرى ويتم الاتصال بين الغرفتين بوساطة آلة طباعة عن بعد "teletype" (***) ، وعلى C أن يحاول اكتشاف أي من A و B هو حاسوب ، ولكن الحاسوب مبرمج بحيث يحاول إحباط مسعى C في اكتشافه . وعندما يطلب C إلى B أن يكتب قصيدة من نوع السونيت "Sonnet" ، يجيبه الحاسوب بكل منطق سليم «أنا لم أحسن كتابة الشعر قط» .

هل سيأتي زمن تكتسب فيه الحواسيب شعورا؟ لقد اكتشف الفيزيولوجيون أين تعالج الصور التي تتلقاها شبكية العين وكيف تُعالج لكي تعطي الإحساس بجسم متحرك ، كما حددوا مناطق الدماغ التي هي مراكز الكلام والسمع والوظائف الأخرى ؛ ولكن طبيعة الشعور الفيزيائية أو الكيميائية استعصت عليهم . وأذكر حين كنت تلميذا في المدرسة ، أن لغز

(*) لمزيد من المعلومات حول هذا الموضوع ، انظر «هل يمكن لآلة أن تفكر؟» ، مجلة العلوم ، ١٢/١٩٩٣ ، ص ٧٦ .

(**) Alan Turing رياضياتي إنجليزي اشتغل بالمنطق ، انتحر في أواسط القرن الحالي وعمره ٤٢ عاما نتيجة شذوذه الجنسي .

(***) لنقل بالفاكس .

الثقالة Gravity قد حيرني ، وعندما وصلت إلى الجامعة ، كنت أتابع بشوق محاضرات الفيزياء أملاً أن أفهم ما هي الثقالة حقاً . ولكن خاب أمني حين علموني فقط أن الثقالة هي على ما هي عليه : قوة تجاذب بين الأجسام تجعل التفاحة تسقط بتسارع قدره ١٠ أمتار (تقريباً) في الثانية . ولربما كان الشعور شيئاً من هذا القبيل ، وقد لانضيف أكثر من التأكيد أنه هو على ما هو عليه : خاصية في الدماغ تجعلنا واعين (أي على معرفة مباشرة) لأنفسنا وللعالم المحيط بنا ، إنه حزمة من الضوء موجهة نحو الخارج ، كما يقول الدكتور زيفاجو في قصة بوريس باسترناك . وكان أستاذ الفيزياء في كامبردج ، بريان ببارد ، يرى أن الشعور يمكن أن يكون قد انبثق فجأة في أثناء التطور عندما بلغ الدماغ درجة معينة من التعقيد . ولكنني أشك في وجود أي تمايزات حادة بين الحيوانات التي تمتلك الشعور وتلك التي لا تمتلكه . وأغلب الظن أن الشعور كان يصل إلى درجات متزايدة من التعقيد كلما ارتفعت الحيوانات في سلم التطور . أما السؤال : «هل سيأتي زمن يمكن فيه محاكاة الشعور بواسطة آلة» ، فسيظل بلا جواب ما دمنا لانعرف طبيعة الشعور الفيزيائية .

ترى هل ستكون الحواسيب قادرة على قراءة أفكارنا كما يتنبأ فاينبرج ؟ إنها غير قادرة في الوقت الراهن حتى على قراءة خط اليد . ولن تكون قراءة الأفكار ممكنة إلا إذا أصدرت النبضات العصبية إشارات كهرمغناطيسية يمكن الكشف عنها على سطح الجمجمة أو فيما بعده . ولكن تردد (تواتر) نبضات الأعصاب في الواقع أخفض من الترددات الراديوية القابلة للاكتشاف بأكثر من مئة مرة ، الأمر الذي يعني أن نبضات الأعصاب ، تبلغ أطوال موجاتها مئات الكيلومترات . ولما كان من غير الممكن للموجات الكهرمغناطيسية أن تميز أشياء أصغر من نصف طول موجتها تقريباً ، فإن الموجات التي يصدرها الدماغ لا يمكنها ، حتى ولو كان بالإمكان كشفها ، أن تميز الألياف العصبية الأصغر من ٥٠ كيلومتراً . حقاً إنه من الممكن كشف نشاط الدماغ بوضع إلكترونيات على الجمجمة ، ولكن هذا النشاط يميز فقط بين حالات عامة كاليقظة والنوم مثلاً . والحقيقة أن الأعصاب الإفرادية معزول أحدها عن الآخر ، بمادة عازلة تسمى الغمد ، ولا يمكن مراقبتها إلا بزرع مجموعة كبيرة من الإلكترونيات الصغيرة في الدماغ خلال ثقوب محفورة في الجمجمة ،

مثلما فعل دافيد هوبل وتورستن فيزل في هارفارد في تجاربهما على القروء
لدراسة مراحل سير المعلومات البصرية . ولست متأكدا : هل يريد
المتحمسون للذكاء الاصطناعي أن يربطوا أنفسهم عن طيب خاطر بأسلاك
إلى حواسيبهم بهذه الطريقة ؛ ولكن كيف يمكن لحواسيبهم عندئذ ، حتى
وإن تطوعوا بالفعل ذلك ، أن تكون قادرة على تأويل الإشارات التي تتلقاها .
وتذكرني الصعوبة في تنشئة متطوعين من هذا القبيل ، بقصاصة أخرى
عدت بها من رحلتي على متن آلة ولز للزمن :

مصارع ممتاز يقاضي ابن ثمانين متزوجا حديثا

وجه أ . جوردون ، المصارع السابق الحامل للجازة الأولى في المصارعة ،
اتهايات بالخديعة أمام محكمة بروكلن ضد السمسار . ستيل ، البالغ من العمر
٨٣ عاما . فقد ادعى أن ستيل كان قد عرض عليه مبلغ ٥ آلاف دولار مقابل إحدى
غذتيه التناسليتين . ولكنه حين استرد وعيه من التخدير لم يجد سوى ١٠٠٠
دولار . وقد نفى ستيل أنه كان قد عرض أكثر من ذلك على جوردون .

ولكن ستيل لن يواجه في عالم فاينبرج الجديد مشكلة أخرى سوى أبوته
لأولاده ، أما في الوقت الراهن فستدمر خلايا ستيل البيضاء الطعام (الآتي
من جوردون) إلا إذا تناول عقاقير كابطة للمناعة طوال ما تبقى له من العمر .
ولا توجد في المدى المنظور وسيلة أخرى لتفادي رفض الطعام . ولكن
الجراحين يأملون بأن تحل هذه المشكلة يوما ما ، وهم يخشون أن يؤدي هذا
التطور إلى خلق سوق سوداء للأعضاء كالذي يوجد حاليا في الهند ، حيث
يقال إن الكلية تكلف ٤ آلاف دولار . وقد أصبح زرع الكلية الآن شائعا .
(أجريت حتى إعداد هذا الكتاب خمسون ألف عملية زرع كلية) ، كما أن
النجاح في زراعة القلب والقلب مع الرئة (في حال القلب الرئوي) أخذ
بالتزايد ، وكذلك بدأت زراعة البنكرياس بالنسبة للمصابين بالبول السكري
الشديد . وتؤخذ جميع هذه الأعضاء من جثث الموتى ، ولا يمكن الاحتفاظ
بها في المستشفيات لحين الطلب ، لأنها لا تظل حية بعد انتزاعها أكثر من
ساعات قليلة .

لو أريد للأعضاء القابلة للزرع أن تكون متاحة لتلبية أي طلب ، لوجب أن يصار إلى تمهيتها من خلايا منفردة بطريقة الاستنساخ^(*) . فما هي الآمال في أن يحدث ذلك ؟ لقد اكتشف عالم النبات الإنجليزي فريدريك ستوارت من جهة ، كيف ينمي نبات جزر من خلايا منفردة انتزعت من نبتة مكتملة النمو . وأثبت عالم الحيوان الإنجليزي جون جوردون أن شرغوف الضفدع يمكن أن ينمو من بيضة استبدل بنواتها نواة خلية جلدية ناضجة (من الحيوان نفسه طبعاً) . وقد أثبتت هذه التجارب أن معظم خلايا الجسم تحوي جميع المعلومات الوراثية اللازمة لنمو النبتة كلها أو الحيوان كله . وبهذا مُهد الطريق لاستنساخ متعضيات متطابقة من حيث المورثات . ومن جهة أخرى ، على الرغم من أن نواة خلية من خلايا الكبد يمكن أن تتيح للبيضة عندما تنتقل إليها أن تنمو لتكون شرغوفاً^(**) ، فإن خلية معزولة من خلايا الكبد لا تنمو لتكون كبدا جديدة . كما لا يمكن أن تنمو خلية معزولة من خلايا القلب لتكون قلباً جديداً . فمثل هذه الخلايا لا تنمو عادة في أطباق المزارع إلا إذا أخذت طريقها مسبقاً نحو الخباثة^(***) ، وعندئذ تنمو على شكل طبقات من خلايا إفرادية ، وليس على شكل عضو كامل .

إن الخلايا الوحيدة غير الخبيثة التي تم زرعها في مزارع خلوية بنجاح هي خلايا الجلد التي استعملت لتغطية الجروح المحروقة . ومنذ خمسين عاماً كانت الجروح الخطيرة تعتبر مميتة إذا غطت أكثر من ثلث الجلد . أما حديثاً ، فقد انتزع هوارد جرين وزملاؤه في بوسطن قطعاً ضئيلة من الجلد السليم من مرضى أصيبوا بحروق خطيرة ، ونموها في مزارع خاصة إلى أن بلغت مساحتها أكبر خمسين ألف ضعف مساحتها الأصلية . وفي السنة الماضية ، أنقذوا حياة طفلين غطت جروحهم المحروقة أكثر من ٩٥ بالمئة من جلدهم . فأتى نصف جلدهم الجديد من قطع نمت في مزارع الخلايا . على أن هذه الطريقة لا تنجح حتى الآن إلا إذا استئنت أجزاء من جلد المريض نفسه ، لأن الجلد الغريب ، في حال غياب العقاقير الكابتة للمناعة ، يرفضه الجسم بشدة أكثر حتى من رفضه للطعوم الأخرى كالكلبي والقلوب . ويخشى الكثير من الناس أن تجعل

(*) الاستئصال أو الكلونة .

(**) tadpole .

(***) malignancy .

اكتشافات ستيوارد وجوردون استنساخ الأشخاص أمرا ممكنا يوما ما . ولكن ، حتى الآن ، لم يتم بنجاح سوى استنساخ (أو استنسال) النباتات والبرمائيات (*) وأخفق البيولوجيون في محاولات استنساخ الفئران إلا بطريقة غير مباشرة هي طريقة بياتريس منتز Biatrice Mintz (انظر دراسة «هل العلم ضروري؟») ويقترح البرلمان الألماني جعل محاولات استنساخ الأشخاص جريمة جنائية .

ويشكل رئيسي فإن فاينبرج لا ينظر إلى المستقبل إلا كنظرة إلى مجموعة من الصعوبات التقنية في الولايات المتحدة ، فهو لا ينظر كيف يمكن للعلم أن يبعد الفقر والجهل والمرض عن بقية العالم ، وهذا بكل تأكيد هو التحدي الأكبر الذي يواجهنا . كما لم يوجه أسئلته بالصورة المناسبة حول المستقبل الذي يعنيان نحن في العالم الغربي ، حيث تنتهي حياة العاملين البالغين قبل أوانها في أكثر الأحيان ، نتيجة للأمراض الوعائية القلبية والسرطان وحوادث المرور . فهذه المسائل هي التي حاولت أن أطرحها في أولى مقالاتي في هذا الكتاب . ولو كان علي أن أخطط ليوتوبيا علمية ، لحاولت أن أجيب الناس حوادث الطرق بتجهيز جميع السيارات بحواسيب صغيرة يمكن أن تقودها بأمان إلى غاياتها وبالسرعات المراقبة علانية ، وهذا تدير سيغفي تكاليفه نفسه من الوفر الهائل في تكاليف التأمين الطبي والاجتماعي .

وقد خصص فاينبرج جزءا من كتابه لمفاهيم الكوسمولوجيا (**) الحديثة . إلا أنه لا يتكهن برحلات منظمة إلى حافة الثقب السوداء ولا يدافع عن استعمار الفضاء كما فعل فريمان دابسون في كتابه : تشويش الفضاء (٣) . إن مثل هذه التخيلات يمكن أن تصبح ممكنة علميا ، ولكنني أشك في أن يرغب ، حتى سكان المدن ، الذين ألفوا أن ينتقلوا من منازلهم المحكمة الإغلاق إلى مكاتبهم المحكمة الإغلاق في سياراتهم المحكمة الإغلاق ، في العيش بالفضاء حيث لا يستطيعون أبدا أن يتنفسوا الهواء المنعش أو يروا الأشجار أو يسمعوا الطيور وهم ينظرون خلال قمرات مركبتهم .

ولكنني وجدت الفصول التي عالج فيها فاينبرج ولادة المادة وطبيعتها عسيرة على الفهم . فالفقرة التالية على سبيل المثال بدت لي كأنها بلا معنى :

(*) ونعيموا مؤخرا في استنساخ نعجة .

(**) علم الكون : العلم الذي يبحث في نشوء الكون وتطوره .

«إن ما يبدو من انكسار في تناظر خواص الجسيمات هو نتيجة لوجود انكسار في تناظر الحقل الكمومي الذي يحكمها . ويعتقد العلماء بأن المعادلات التي تصف الحقول الكمومية هي معادلات متناظرة ، إذ توجد علاقات رياضية بسيطة بين المعادلات التي تصف الحقول المختلفة ، من ذلك مثلا العلاقات بين المعادلات المتعلقة بالكواركات وتلك المتعلقة بالإلكترونات . على أن الفيزيائيين تحققوا على مدى السنوات العشرين الماضية من أن العديد من هذه المعادلات لها حلول غير متناظرة . وهذه الحلول هي تلك الموافقة لسويات الحقل الكمومي الوسيطة في منطقة معينة من الفضاء تختلف من حقل إلى آخر . وحين يتحقق هذا الوضع في إحدى المناطق ، يقال عندئذ إن تناظر هذه الحقول مكسور . لأن هذه القيم الوسطى للحقل تؤثر في خواص الجسيمات الموجودة في المنطقة ، أي كانت هذه الجسيمات . كما أن هذه الجسيمات يمكن أن يلاحظ أنها مختلفة ، على الرغم من أنها توصف بمعادلات متشابهة» . وهكذا تجشمت عناء طريقي خلال نشر فاينبرج ، في حين أنني تمتعت بكل صفحة من كتاب حديث العهد يتناول الموضوع ذاته لستيف واينبرج هو «اكتشاف الجسيمات تحت الذرية»⁽³⁾ . لأن واينبرج يجعل قارئه يشارك أناسا من لحم ودم في مغامراتهم العلمية المثيرة . ويسائل نفسه في كل جملة : هل تحمل هذه الجملة بالنسبة لي أي معنى لو كانت جديدة علي؟ وقد قال روبرت جريش مرة : «على الكاتب أن يشق طريقه والقارئ فوق رأسه يراقبه» .

إن تكهنات فاينبرج العفوية حول مستقبل العلم ، هي مجرد استقراء بسيط لمسار تقدمه الحالي ، ولكنها دخلت في غمامات الخيال العلمي . وأنا أعتقد أن العلماء الذين يكتبون لجمهور عام عليهم أن يبقوا أقدامهم على الأرض ، لأنهم من دون ذلك يدمرون مصداقيتهم . ثم إن العقل البشري شيء غير الحاسوب ، لذلك نادرا ما سار التقدم العلمي سيرا في اتجاه مباشر مستقيم . وكل تقدم عظيم ، كان يظهر فجأة من زاوية لم يكن يتوقع وجوده فيها .



أشغال الطبيعة غير المتقنة(*)

يتضمن كتاب جاكوب ثلاث محاضرات : «الأسطورة والعلم» ، و«أشغال التطور الخرقاء» و«الزمن وابتكار المستقبل» . تبدأ محاضراته الأولى بالحديث بأسلوب فرنسي حقيقي عن معنى الجنس وكيف نشأ؟ وكنت أعتقد من قبل أنه نبت من ضلع آدم ، وإذا بي أتعلم من كتاب جاكوب أن أوستوفان اقترح في ندوة أفلاطون أن الجنس خلق بالآخرى من انشطار خنثا . وتبعاً للندوة ، كانت هذه المخلوقات المكورة (الخنثا) مزودة برأس ذي وجهين ، وأربع أقدام ، وأربع أيدي ، ومجموعتين من العورات . وقد بدأت قوتها وجراثمتها تشغل زيوس (كبير الآلهة اليونانية) الذي أمر أبولو بقطعها إلى نصفين «كما تُقطع البيضة بشعرة حصان» . وقد كتب جاكوب أن هذا يفسر لماذا كان التكاثر في جسم الإنسان هو الوظيفة الوحيدة التي تتم بمعضو يحمل كل فرد منه نصفاً فقط ، بحيث يبدد هو أو هي قدراً كبيراً من الوقت والجهد لإيجاد النصف الآخر .

والواقع أن منشأ الجنس غير معروف ؛ ومع ذلك ، فقد اكتشف ولیم هابس للجنس شكلاً بدائياً في بكتيريا الكولون المتواضعة . وكان أول من حدد الغرض البيولوجي من الجنس هو البيولوجي الألماني أوغست وايسمان ، وذلك قبل ما يقرب من مئة سنة ، ولكن بشكل تقريبي وليس صحيحاً كل الصحة ، إذ قال : لقد تطور الجنس «لكي ينتج فروقا فردية يخلق الاصطفاء (الانتخاب) الطبيعي عن طريقها أنواعاً جديدة»^(١) . ففي التكاثر

(*) مراجعة لكتاب «الممكن والراهن» ، تأليف فرانسوا جاكوب :

The Possible and the Actual, by Francois Jacob (Stattle: University of Washington Press, 1982)

وفرانسوا جاكوب (من معهد باستور) حائز جائزة نوبل في الطب والفيزيولوجيا مشاركة مع جاك مونو لاكتشافهما كيف يتم صنع البروتين في الخلية .

الجنسي يعاد خلط المورثات الأبوية مرتين : مرة في إنتاج خلايا البذرة (الحيوان المنوي والبويضة) وأخرى في إخصاب البويضة . فتكون النتيجة أن تحمل كل ذرية تشكيلة جديدة من مورثات الأبوين . وقد كتب جاكوب : «إن كل طفل يولد من زوجين معينين هو نتيجة اصطفاء عشوائي لمورثاتها» ، وهكذا يؤدي الجنس إلى التنوع الذي يفسح مجالاً لها من الضمان ضد عادات المحيط (البيئة) . ولكن وإسماً أغفل الطفرة بصفتها عاملاً مهماً ، إذ لا تتطور جماعة من المورثات إلا عندما يرتبط التكاثر الجنسي بالطفرة العشوائية والاصطفاء الطبيعي ، وعندئذ تتطور بسرعة أكبر في حالة الجنس مما في حالة اللاجنس .

وقد كتب جاكوب أن معظم البيولوجيين يعتقدون اليوم بالداروينية ، ولكن هذا لا ينطبق على الرجل العادي . فعندما نشر جاك مونو محاضراته «المصادفة والضرورة»^(*) ، مرسياً بذلك الأسس الجزيئية للتطور عن طريق الطفرة الاعتبارية والاصطفاء الطبيعي ، صدم المثقفين الأوروبيين : لأنهم لم يستطيعوا التسليم بأن الحياة كانت قد تطورت بالمصادفة وليس بالتصميم الهادف . فقد كانوا ، حتى من كان منهم لا يؤمن بخالق ، يفضلون نظرية لامارك Lamark التعليمية^(**) القائلة بالتطور عن طريق وراثة الطبايع المكتسبة . وقد عارض جاكوب ذلك ، حيث كتب : «إن كل تجربة خُطط لها لكي تختبر التعليمية الوراثية (أي اللاماركية) ، وصممت بكل عناية ثم نفذت بكل دقة ، أثبتت أن هذه النظرية خاطئة . . . ولا توجد آلية جزيئية تتيح للدروس المكتسبة من المحيط أن تنطبق على الدنا DNA مباشرة ، أي بغنى عن طريق الاصطفاء الطبيعي المتنوي ، لأن هذه الآلية مستحيلة نظرياً ، بل ببساطة لأنها غير موجودة» . وبالمثل فإن أي تجربة تزرع الوهم بأنها ستبرهن على وراثة الصفات المكتسبة ستهلّل لها وسائل الإعلام باعتبارها لطمة مستحقة عن جدارة المؤسسة العلمية المتفطرة . فتجارب ر . م . جورزنسكي و . ج . ستيل التي كان يفترض أنها ستبرهن على انتقال المناعة المكتسبة عند آباء عوائل من الفئران إلى

(*) "Chance and Necessity" (London: Collins. 1972) ترجم هذا الكتاب وصدر عن وزارة الثقافة والإرشاد القومي في سوريا في السبعينيات .

(**) Instructivist

ذرايرها ، رحبت بها الصحافة والتلفزيون وكأنها انتصار . في حين أن فشل السير بيتر ميداور وزملائه في الحصول مرة ثانية على نتائج جورزنسكي وستيل مرت بصمت ودون ضجيج .

إن مثل هذه التجارب لا تنفذ بمجرد الهلوسات والحيل . ففي الخمسينيات نشر السير سيريل هنشلوود الحائز جائزة نوبل ورئيس الجمعية الملكية وأستاذ الكيمياء الفيزيائية في أكسفورد ، مجموعة مقالات جاء فيها أن التكيف الغذائي عند الجراثيم يتم بوراثة الصفات المكتسبة . ولكن لم يصدقه أي بيولوجي ، فقد أعمته أفكاره المسبقة عن المعنى الحقيقي لمشاهداته - الذي وضعه أخيرا جاكوب ومونو (*) .

وكثيرا ما قيل إن الداروينية لا تعدو كونها فرضية مفيدة وأنها لم تثبت قط . ولكن هذا القول لم يعد صحيحا . ففي لقاء تم مؤخرا في كامبردج لإحياء الذكرى المئوية لوفاة دارون ، عرض مانفريد آيجن (وهو عالم ألماني كبير بالكيمياء الفيزيائية) منظومة من حمض نووي وبروتين ، بين أنها تتطور في أنبوب الاختبار عن طريق طفرة اعتباطية واصطفاء طبيعي ، وأن تطورها يتفق مع توقعات قوانين رياضية صارمة مثلها مثل قوانين نيوتن للثقالة (الجاذبية الأرضية) . كما روت لنا باتريشيا كلارك (من اليونفرستي كولج في لندن) كيف تتعلم بعض الجراثيم أن تتغذى حتى بأغرب المركبات التي ركبها بعض علماء الكيمياء العضوية ، وأثبتت أن ذلك كله حدث بطفرة عشوائية واصطفاء طبيعي . وقد بينت في بحثي : «داروين ، پوپر ، والتطور» (ص ٢٠٣) أن الثالاسيميا والأنيميا (فقر الدم) الناجم عن خلايا منجلية هما حالتان من حالات التطور الدارويني عند الإنسان ظهرت في زمن حديث العهد نسيا ؛ كما وفرتا مثالا واضحا على اعتراف دارون بأن الاصطفاء الطبيعي يقوم بعمله تبعا لنوعية البيئة .

لقد حدث التطور ! وهذا ما نعرفه ، ونعرف أيضا كم استغرق من الوقت ، ولكن ليس لدينا سوى فكرة بسيطة عن الطريقة التي حدث بها . هل كانت أشكال الحياة البدائية مكونة من جزيئات بدائية ثم تكامل تطورها

(*) لقد أثبتنا أن بعض الأفراد الطافرة استطاعت أن تقتل بالغذاء الجديد ، وأن هذه الأفراد الطافرة هي التي تكاثرت وهكذا بدأ كأنها ورثت عادة مكتسبة .

لتبني أشكالاً أكثر تعقيداً؟ لقد اكتشف علماء البيولوجيا الجزيئية أن الأمر على خلاف ذلك ، أي أن جميع المتعضيات الحية اليوم تستخدم أنواع الجزيئات البروتينية نفسها في وظائف كيميائية متماثلة . و«ما يصح على البكتريا الكولونية يصح أيضاً على الفيل» ، وكان هذا من شعارات مونو . فقد لا نصدق أن الجزيئات البروتينية ، حتى في أكثر المتعضيات بدائية ، هي جزيئات معقدة مكونة من آلاف الذرات المنسوجة على شكل أبنية ثلاثية الأبعاد مرتبة بكل دقة . ولا يمكنني أن أصفها بتشبيهها بأي صورة مألوفة ، إذ لا يوجد ما يشبهها في العالم المنظور (الماكروسكوبي) . فكيف نشأت إذا؟ يقارن جاكوب علماء اليوم في البيولوجيا الجزيئية بعلماء التشريح في عصر النهضة ، الذين كانوا أول من قام بتشريح الجسم البشري ووصف أعضائه الفاتحة التعقيد : «وكان علماء التشريح في القرن السادس عشر يستشهدون بالإرادة الإلهية ليضيفوا العقلانية على البنى المعقدة التي تنكشف تحت مبضعهم . أما بيولوجيو القرن العشرين فعليهم أن يستشهدوا بالاصطفاء الطبيعي لكي يضيفوا العقلانية على ما يكشفه لهم تحليل البروتينات بالأشعة السينية . ونحن في الحالين نواجه النتائج النهائية لثلاثة بلايين سنة من التطور فلا يمكننا تخمين بداياتها .

ومن الأمور التي يصعب أيضاً تحليلها ، تطور أشكال من السلوك المتأصل الحميم ، ولا سيما ذاك الذي نشاهده عند الأنواع المختلفة المتكافلة . ونخص بالذكر شكلاً أسراً من التكافل اكتشف في صحراء أفريقيا الشرقية بين نوع من اللبونات هو النمس *mongoose* ونوع من الطيور يدعى البوقير (أبو قرن) *hornbill* (المعروف بضخامة منقاره) . فالنوعان يسطوان معا على الحشرات والزواحف واللبونات الصغيرة والطيور الصغيرة ، وهما بدورهما يصبحان فريسة للطيور الجارحة . وفي الليل تحتمي النموس في تلال النمل الأبيض ، وتحتمي البوقيرات في الشجر . وعندما تذهب النموس بحثاً عن الفرائس ، ترافقها البوقيرات خطوة بخطوة وتلتقط الجنادب والحشرات الأخرى التي تفزعها النموس ، والتي كان من الممكن بغير ذلك أن تغلت من ملاحظتها . ويمكن للبوقيرات أن تنتزع من النموس فرائس أكبر من ذلك ، ولكنها لا تذهب وحدها للمقنص ، بل إنها تنتظر بدلاً من ذلك إلى الصباح حتى تظهر النموس في تلال النمل الأبيض . وفي البدء يظهر نمس حارس ، فإذا لم

يطلق أي إنذار (أو تحذير) ، تخرج النموس الأخرى من مخابئها ، ولكنها لا تنطلق مباشرة إلى القنص ، بل تمضي نصف ساعة أو نحوها وهي تستعد ، وتستمتع بحمام شمسي وتلعب . وإذا تكاملت لفترة طويلة ، تبدأ البوقيات بملاحقتها وإزعاجها لكي تدفعها إلى البدء . وإذا أطالت النموس النوم ، توقفها البوقيات بصرخات «ووك» متكررة تحت عمرات التهوية في تلة النمل الأبيض ، مما يحث النموس على الظهور . وإذا لم توجد بوقيات في الجوار ، تؤخر النموس البدء بقنصها ، وما أن تبدأ رحلة القنص حتى تحذر البوقيات النموس من الطيور الجارحة ، فتركض النموس مستجيبة لهذا التحذير للاحتماء . ولا تكتفي البوقيات بتحذير النموس من الطيور التي تقتنصها معها فحسب ، بل تحذر أيضا من الطيور التي ترك البوقيات وشأنها ، كما لا تحذر النموس من الطيور التي لا تفترس أيا من النوعين . وتسطو البوقيات على أي لبون صغير يمكن أن تجده ، ولكنها لا تمس صغار النموس . وإذا لم توجد بوقيات في الجوار ، تحرك النموس خفراءها إلى الأمام وإلى الخلف معا لتحذرها من القناصة . ولكنها تخفف العدد في واجب الحراسة بنسبة عدد البوقيات المرافقة .

إن هذا التعاون المتقن يقدم للبوقيات فرصة التقاط فرائس كانت ستفتقدها لولاها ، وتوفر الأمان للنموس مقابل بعض الفرائس التي تنتزعها البوقيات منها . ولكن تطور هذا التعاون يطرح معضلة تشبه معضلة الدجاجة والبيضة . والمشكلة ليست في السؤال : متى تحققت البوقيات بأن من الأفضل لها ألا تأكل صغار النموس؟ وإنما السؤال : كيف ظهرت عند البوقيات طفرات منعتهما من مهاجمة صغار النموس ، ودعتها إلى تحذير كبار النموس من الطيور الجارحة التي لا تشكل خطرا على البوقيات نفسها؟ والسؤال الآن أي سلوك من هذين ظهر قبل الآخر بأنه المفضل اصطفايا لدى النموس وحدها؟ وهناك العديد من أمثلة التكافل المحيرة أيضا ، كتأقلم (بتلات) petals أنواع من السحليات (الأوركيد) تأقلمت تماما مع مناقير الطيور الطنانة الطويلة التي يمكنها أن تغذى برحيقها . والطريف أننا نعرف أساسيات البيولوجيا الجزيئية اللازمة لتفسير عجائب الطبيعة ، ومع ذلك تركنا هذه العجائب في حيرة من أمرنا ، لاقتدارنا إلى قدرات كافية للفهم والتفكير المنطقي .

وفي واقع الأمر ، قليلا ما نتوقع أننا سنفهم كيف تطور جناح دجاجة مثلا من ساق ، لأننا لانملك اليوم أي فكرة عن الطريقة التي تعين بها صبغيات جنين الدجاجة نمو أجنحتها . فالمعلومات الوراثية مختزنة في صورة تدوين خطي Linear ، فهو إذا وحيد البعد ، لذلك لا يُعرف كيف يحدد هذا التدوين بالتفصيل بنى في ثلاثة أبعاد سواء على الصعيد الجزيئي أو الماكروسكوبي . وعلى الرغم من ذلك ، حاول جاكوب أن يبين أن وحدة الحياة على المستوى الجزيئي تحمل على الأقل رسالة واحدة مهمة . ثم إذا كانت الجزيئات التي يتمثل الشيمانزي مطابقة عمليا لتلك التي تكون الإنسان ، فلا بد أن يتمثل الفرق عندئذ بين النوعين في الطريقة التي نظمت بها هذه الجزيئات . فالطبيعة تتصرف كطفل أمامه مجموعة ليجو^(*) ، فهو يستعمل المركبات ذاتها ليركب منها حوامة (هيلوكبتر) أو رافعة (ونش) أو دويخة الخيول . فالطبيعة تبني من مركبات أساسية أنواعا من الكائنات ، ولكنها تكون أيضا صنفا جديدا من دون خطة مسبقة ، بل بمجرد المحاولة الاعباطية . فإذا فشل التجمع الجديد الذي كونه ، نبذته ، أما إذا نجح أتاح له الانتشار . ويقارن جاكوب هذه السيرة بعمل غير المحترف الذي يحاول صنع أدوات جديدة باستخدام خرداوات وقطع قديمة يصادفها حوله . من ذلك مثلا التطور الحديث لصنع طائرة خفيفة جدا مصنوعة من طائرة شراعية ومحرك عربية صغيرة . ويشير تحليل المورثات الحديث إلى أنه يمكن أن يكون قد أتى إلى الوجود ، بهذه الطريقة ، ليس فحسب متعضيات جديدة ، وإنما أيضا أنواع جديدة من الجزيئات البروتينية . فقد يحدث أن تلتحم كسرات وقطع من المورثات المتوافرة لتصبح النسخة النموذجية لصنع بروتين له وظيفة كيميائية جديدة .

لأنعرف كيف تعطي المورثات جميع تفاصيل نمو المتعضية (أي الكائن الحي) . كما لأنعرف كيف تحدد المورثات متى تشيخ المتعضية وتموت في النهاية . وهنا يروي جاكوب الأسطورة اليونانية عن إيوس التي استجدت زيوس بأن يهب الخلود لحبها تيتونوس ، ولكنها نسيت أن تطلب إليه أيضا الشباب الدائم . فشاخ تيتونوس إلى أن أغضب محبوبته بشرثرته الصاخبة

(*) Lego set مجموعة قطع يركب منها الطفل ألعابا كما يشاء .

الحرفة فحولته إلى زيز الحصاد وحبسته في علبه . فتيتونوس من وجهة نظر الاصطفاء الطبيعي حقق غرضه البيولوجي عندما خلف ذرية . وقد عرض ديفيد أتينبورج ، في أثناء اللقاء الدارويني في كامبردج ، فيلما عن هذه الظاهرة في أقصى حالاتها . فقد رأينا أسماكاً بالملين تأتي لتضع بيوضها على شواطئ نيوفاوندلاند . وكانت الأسماك تموت مباشرة بعد وضع بيوضها مما يملأ المياه الشاطئية الضحلة بأكوام فوق أكوام من أجسادها المتحللة . فما الذي قتلها؟ يروي جاكوب عن البيولوجيين الذين فكروا ملياً في مسألة الموت وهل ابتكرت له الطبيعة آلية ما ، أو برنامجاً وراثياً يحدد في شكل رسالة كيميائية أن زمن متعضية ما قد انتهى؟ وهنا يذهب جاكوب إلى أنه ليس هناك دليل على وجود مثل هذه الآلية ، وإنني أشك أيضاً في وجودها . فلا بد أن الضغط الاصطفائي الذي بذلته أسماك نيوفاوندلاند أو سمك السلمون ، لإنتاج آلاف البيوض والسوائل المنوية ، كان عظيمًا لدرجة أن عملية البيض تركت هذه الأسماك غير قادرة على الحياة . وفي حالة اللبونات التي أنتجت ذرية ، فإننا نلاحظ مجرد تلاش ، نظراً لضعف الضغط الاصطفائي ، للآليات العديدة التي كانت قد أبقت هذه اللبونات قادرة على جمع الغذاء والاحتماء من الحيوانات المفترسة . ويلاحظ جاكوب أن الشيخوخة لا تكمن في تبدل عضو بمفرده أو منظومة جزئية ، بل في تقهقر عام في كل الجسم . لذلك يرجح عدم وجود علاج معجزة لإيقاف الشيخوخة . «إن ينبوع الشباب الدائم وهم مثله مثل الأوهام العلمية الأخرى ، وهو لا يدخل على الأرجح في نطاق الممكن» .

هل تختلف الحقائق العقلية عن الحقائق الفيزيائية؟ هنا يمر جاكوب مروراً سريعاً على تطور العقل من رد الفعل الكيميائي عند بكتريا الكولون ، إلى الإدراك عند الإنسان - ويذهب إلى أنه قد حدث تطور مستمر للدماغ بدءاً من الحيوانات حتى الإنسان . فيصعب عليه إذن أن يصدق أن هذه الوقائع العقلية عند الإنسان قد أصبحت مختلفة في النوع عن مثيلاتها عند الحيوان . أما بشأن السؤال : هل الطبيعة هو الذي يحدد كيف نفكر أم تنشئنا وتغذيتنا هما اللتان تحدّدان ذلك؟ فجاكوب على يقين بأن تركيب مورثاتنا هو الذي يحدد التركيب البيوي لدماغنا ، وإن كنا لا نفهم كيف أن هذا التركيب محفوظ (أو مدون) في البرنامج الوراثي ؛ ولكنه يرى أن قدرتنا على استخدام دماغنا تتأثر

بحوافز يبتثنا . فهذا الدماغ ليس بشريط أبيض كما يجذب الماركسيون من المنادين بالمساواة أن يصفوه ، وليس جهاز تسجيل صوتي (حاكي) كالذي يستشهد به البيولوجيون الاجتماعيون(*) . ويستشهد جاكوب بتأخر النمو العقلي عند الأطفال المحرومين عاطفياً بصفته دليلاً على أن الأداء الفكري عند الفرد لا يعكس مباشرة نصيبه من المورثات ، ولكنه لم يفتن إلى ذكر نقص التغذية في الطفولة المبكرة بصفته سبباً آخر للضعف العقلي . وهنا تكمن إحدى مآسي عصرنا . فأدمغة الأطفال تظل راكدة من دون كفايتها من البروتينات والفيتامينات والأملاح المعدنية ، وذلك مهما كان نصيبها من المورثات . إن نجاح الطب في تخفيض عدد الوفيات من الأطفال لم تساير قدرتنا على توفير الطعام المغذي للملايين الأطفال الرضع الباقين على قيد الحياة . إن حرمانهم في طفولتهم يحدث دائرة مفرغة ، لأنه يحرمهم من قدرتهم العقلية التي تساعد على تحسين نصيبهم ونصيب أطفالهم من الحياة .

يتساءل جاكوب : هل يحتاج الدماغ البشري إلى أن تكون لديه صورة متماسكة وموحدة للكون ، كذلك الأساطير التي وصلتنا من أزمنة سحيقة؟ وهل يمكن للمجتمع أن يعرف مجموعة من القيم مباشرة ، من دون اللجوء إلى الأساطير التي خلقها الإنسان نفسه وجعلها تهيم على قدره؟ هذا السؤال تركه جاكوب بلا جواب ، لأنه على بيئة من العقيدة الفلسفية القائلة إن القيم لا يمكن أن تستمد من واقع الأشياء . أما أنا فأعتقد بأن العلم ، بدءاً من عصر النهضة ، كان يقود الإنسان إلى تبني مجموعة من القيم مختلفة كل الاختلاف عن بعض تعاليم المسيح ، أو على الأقل عن التأويل المبكر لتعاليمه . ففي خطبة الجبل يقول المسيح(**) «انظروا إلى طيور السماء ، إنها لا تزرع ولا تحصد ، ولا تجمع (الغلال) في مخازن ، وأبوكم الذي في السماء يقوتها . . . لا تهتموا قائلين ماذا نأكل؟ ماذا نشرب؟ ماذا نلبس؟ . . . بل اطلبوا ملكوت الله وبره . . . وهذه كلها تزداد لكم » . ويبدو أن المسيحيين فسروا هذه النصيحة في العصور المظلمة الوسطى ، كما فسروا غيرها ، بأنها تعني أن على الإنسان ألا يكافح في سبيل حياة أفضل في هذا العالم ، بل عليه أن يهيم نفسه للعالم

(*) Socio - Biologists

(**) وردت في إنجيل متى - خطبة الجبل (الإصحاح السادس) على النحو المذكور أعلاه .

الأخر . ولكن العلم قلب هذه القيم وأقنع الإنسان أن باستطاعته تحسين ظروف معيشته ومعيشة من يأتي بعده إلى هذا العالم . فآديسون وباستور كانا بالنسبة لي في صباي بطلين أكثر مما كان القديسون والشهداء .

وينهي جاكوب كتابه بدعوة إلى العقل : «لقد سيطر على عصر التنوير والقرن التاسع عشر جنون اعتبار العقل ليس ضروريا فحسب ، بل إنه كاف أيضا لحل جميع المسائل . أما اليوم فسنكون أكثر جنونا أيضا إن نحن قررنا - كما يريد بعضهم - بأن العقل باعتباره غير كاف ، فهو أيضا غير ضروري» .

داروين وبوبر والتطور

في ١٢ يونيو ١٩٨٤ ألقى السير كارل بوبر أول محاضرة في سلسلة محاضرات ميداور في الجمعية الملكية (في لندن) . وبوبر هذا ، فيلسوف معروف لدى العلماء بكتابه البعيد الأثر في المنهج العلمي . فمنذ ثلاثئة سنة ، كان إسحق نيوتن قد أعلن في كتابه المبادئ Principia أن «الدعوى الخاصة يستدل عليها في الفلسفة التجريبية من الظواهر ، ثم تُعمَّم بالاستقراء» ، ولكن بوبر فند هذا الرأي ، محتجا بأن الخيال يأتي أولا : فالعلماء يبدؤون أولا بصياغة فرضيات ، ومن ثم يعمدون إلى اختبارها بالملاحظة . ولا تعد الفرضية علمية إلا إذا كان بالإمكان دحضها تجريبيا . وإذا ما تبين أن الفرضية غير كافية ، يصوغ العلماء فرضية جديدة محسنة يمكن أن تخضع أيضا للاختبار التجريبي . وبهذه الطريقة تطور العلوم عبر تفاعل بين التخمينات المتخيلة والتنفيذ^(١) التجريبي ! كما فند بوبر في كتابه الفذ الآخر «المجتمع المفتوح وأعداؤه»^(٢) (الذي يشير إليه في القسم الأول : «هل العلم ضروري؟» ، وجود قوانين تاريخية ، وأصر على أن مستقبلنا هو بين أيدينا . وهو ينبذ الحتمية في جميع أوجهها .

وتبدو وجهة النظر الفلسفية هذه نفسها من خلال أفكار بوبر عن تطور الأنواع . فهو يسلم بالداروينية ويعرفها بالقانون التالي : إن المتعضيات الأفضل تكيفا من الأخرى هي التي تخلف على الأرجح ذرية . ولكن بوبر يرى أنه من المستحسن دائما أن نكون للنظريات نظريات منافسة . ولما كانت الداروينية لا

منافس لها . لذلك ابتدع لها بوبر واحدة بأن شطر الداروينية إلى شكل منفعل وشكل فاعل . والذي يقصده بالمنفلة كما يتبين ، هو النظرية المقبولة عموماً والتي تقول : إن الطفرة العشوائية والاصطفاء الطبيعي هما اللذان يقودان إلى تطور لامناص منه إلى أشكال الحياة العليا . وهو يدين هذه النظرية باعتبارها حتمية ، أو باعتبارها مجرد تعبير آخر عن التاريخية الفلسفية التي هدمها في كتابه «المجتمع المفتوح» ، ويجادل بأن «لخصوصيات الفرد في مزاجه تأثيراً في التطور أكبر من تأثير الاصطفاء الطبيعي» وأن «النشاط الوحيد المبدع في التطور هو نشاط المتعضية» . وهو يقول إن المتعضيات كانت تتحرى البيئات منذ البدايات المبكرة جداً للحياة بصورة أفضل من الآن ، لأن التكيف كان يتضمن قوة البحث النشط عن الطعام . ثم إن البيئة منفلة والنشاط الوحيد المعروف هو نشاط المتعضيات التي تقوم بالبحث عن مأوى أفضل لها . والمأوى في نظر بوبر هو الموجه الأول لقوة التطور .

كانت الداروينية المنفلة ، تبعاً لبوبر ، فكرة مخطئة عن التكيف ونتيجة للعقائد الحتمية الباطلة التي عمت في البيولوجيا ، وهي تجد اليوم تعبيراً عنها في البيولوجيا الاجتماعية . في حين يجب أن نفكر بدلاً من ذلك بأن التطور سيروية تعلم هائلة ، وبأنه خيار فعلي للأشكال من أجل مأوى أفضل . فهو يقول ، دعونا نفترض أننا كونا حياة في أنبوب اختبار ، ولكن هذه الحياة ليست متكيفة مع الأنبوب ولا يمكنها أن تبحث عن موطن أفضل لها . لذا علينا في هذه الحالة أن نكيف الظروف الموجودة في أنبوب الاختبار مع حاجات المتعضية ، وهذه عملية تتطلب الكثير من المعرفة . لذا قد لا تكون الحياة قد ظهرت على الأرض مرة واحدة لا غير ، بل ظهرت مرات كثيرة ظهوراً غير موفق إلى أن ظهرت متعضية تعرف كيف تكيف نفسها بالبحث النشط عن بيئة أفضل لها . وهكذا يساوي بوبر التكيف مع المعرفة ، ولكنها معرفة في شكل وظيفة ، فهي أشبه بالانجذاب الكيميائي منها بالبنية . ويسلم بوبر بأن هذا هو تفكير صفاتي^(*) ، ولكنه يؤكد أننا لا نستطيع أن نفكر في البيولوجيا من دون أن نفكر بتعايير صفاتية . ويرر تفكيره هذا بأنه فرضيات تقوم على التماثل العام في الوظائف البيولوجية [عند جميع الأحياء] .

(*) من الصفاتية Anthropomorphism : إسناد صفات بشرية إلى غير الإنسان .

ويشير بوير أيضا إلى أن الاصطفاء الطبيعي لا يمكن أن نقارنه بالاصطفاء (الذي يقوم به مربو الماشية مثلا) عند عمليات الإكثار ، فقد كان هذا مجرد تشبيه غائي في دراسات داروين . وقد يكون التعبير «ضغط اصطفائي» أفضل ، على الرغم من أنه يحمل معاني غائية إضافية . ولكن هذه المعاني لا يمكن تجنبها ، لأن المتعضيات حلالات للمشكلات في بحثها عن ظروف أفضل ، حتى إن أدنى المتعضيات تقوم بإجراءات محاولة وخطأ بغرض هدف معين . وتذكرني هذه الصورة بـ «الفيلم» المدهش عن الجراثيم ذات الجاذبية الكيميائية التي عرضها هوارد براج من جامعة كولورادو في أثناء محاضراته . فالحررك السوطي (أو الاستطالي) للجراثيم^(*) يجعلها تجري وتقلب بصورة عشوائية إلى أن تحس باقترابها من غذاء ، الأمر الذي يخفف من تكرار التقلبات ويطلق الجريان نحو أكبر تجمع للغذاء . على أن نزوع المحركات السوطية لا يصدر عن معرفة غامضة وإنما عن فعاليات المستقبلات البروتينية ، التي تقيس فروق تركيز الغذاء بين نهايتي الجرثومة المتقابلتين . وهذه عملية كيميائية صرفة .

لقد تحقق فيلسوف القرن الثامن عشر إيمانويل كانط بأن لدينا فطرة مورثة أو حسا قَبْلِيَا^(**) بالمكان والزمان يسبق معرفتنا التي نكتسبها عن طريق الملاحظة . وتبعاً لبوير ، يتضمن التطور البيولوجي وجود معرفة ماثلة قَبْلِيَّة عند المتعضيات . فكان لهذه المعرفة أن أدت إلى التكيف الطويل الأمد . وكان داروين حتمياً ، لأنه كان يرى أن التطور عملية منفعة ، في حين أن لامارك لم يكن كذلك . ويؤكد بوير حتى هذه المرحلة أن البيولوجيا لا يمكن اختزالها إلى فيزياء وكيمياء ، ولكنني لا أستطيع التفكير بأي تفاعل بيوكيميائي^(***) لا يمكن اختزاله إلى كيمياء ، كما لا يمكنني أن أفكر بأي وظيفة بيوكيميائية واحدة ستكون مختلفة في المختبر عما هي في الحياة نفسها ، لمجرد أن هذه الوظيفة تعمل في الحياة بهدف معين ، حسبما أجاب بوير أحد السائلين ، اللهم إلا إذا كان ما قصده بهذا الهدف هو فحسب ما نعينه عند قولنا إن البطارية (المدخرة) تكتسب هدفا عندما توضع في مصباح .

. bacterium's flagellar motor (*)

à prior (**)

. كيميائي حيوي . (***)

وهكذا أعادت مقولة بوبر فتح المعارك التي اندلعت في بدايات هذا القرن ، فقد حاول البيوكيميائيون حينذاك إقناع المجتمع العلمي بأن ديناميك الخلايا الحية ليس نتيجة لنشاط البروتينات الهادف ، وإنما نتيجة تفاعلات كيميائية يقوم بدور الوسيط في كل منها إنزيم نوعي خاص . وفي عام ١٩٣٣ اشتكى أول الباحثين في كيمياء الإنزيمات في كامبردج جولاند هوبكنز ، من أن «تبرير أي ادعاء من هذا القبيل سبق أن واجه تحدياً منذ البداية من وجهة نظر فلسفية معينة» ، وعلى سبيل المثال من بديهية الفيلسوف هوبنهايم التي تقول بأن «الكل» هو أكثر من مجموع أجزائه . فلقد أثبت هوبكنز أن التفاعلات البيوكيماوية في الخلايا الحية ليست أكثر من مجموع التفاعلات التي يمكن لكل منها أن يتم في المختبر ، ويمكن أيضاً تأويله بعبارات كيميائية . ومنذ ذلك الحين أثبتت وجهات نظره بالبرهان على أن مثل هذه العمليات الأساسية المختلفة ، كنسخ الدنا ونقل الرسائل من الدنا إلى الرنا^(*) (RNA) الرسول ، وترجمة الرنا إلى بنية بروتينية ، وتحول طاقة الضوء إلى طاقة كيميائية ، والنقل التنفسي (أي أخذ الأكسجين وطرح غاز الفحم بالشهيق والزفير) وحشد من التفاعلات الاستقلالية ، يمكن استعادة حدوثها كلها حتى من دون الإشارة إلى نشاطاتها الفردية في الخلية ، التي ليست سوى المجموع المنظم لتفاعلات أجزائها الكيميائية في أنبوب الاختبار . ولكن قد يجادل بعضهم بأن التنظيم هو الذي يعطي الخلية غايتها ، وبذلك يكون الكل أكثر من أجزائه . وهذا صحيح ، ولكن التنظيم ذاتي^(**) وكيميائي . فالخلية أشبه ما تكون بأوركسترا من دون قائد ومقطوعتها الموسيقية مدونة في الدنا (DNA) .

لنتفحص الآن بعض الأدلة المرتبطة بشكلي الداروينية عند بوبر : الفاعلة أو الغائية ، في مقابل المنفعلة أو الحتمية . وسأستقي أمثلي من الهموغلوبين ، لأن هذه الأمثلة مألوفة أكثر لدي . فالجمل واللاما نوعان تربطهما قرابة قوية ، بيد أن لهما موطنين مختلفين . فالجمل يعيش في السهول واللاما تصعد إلى أعالي جبال الأنديز . وللجمل هموغلوبين ذو

(*) أي الحمض الريبى النروي ribonucleic acid . والرنا الرسول هو الذي يحمل شفرة البروتين المطلوب اصطناعه إلى جسم خاص في الخلية لترجمتها .
(**) intrinsic .

إلفة مع الأكسجين يتناسب مع حيوان له مثل هذا الحجم ، ولكن بسبب وجود طفرة وحيدة في المورث المكوّن (*) (الرمز) لإحدى سلسلتي الغلوبين اللتين تكونان جزيء الهيموغلوبين ، أصبحت ألفة هيموغلوبين اللاما للأكسجين مرتفعة تفوق المألوف ⁽³⁾ . وهكذا أتاح هذا «الهيموغلوبين المغاير» للاما بأن تنفّس هواء الجبال المخلخل . وقد أشار إليّ عالم الوراثة ريتشارد ليونتنون من هارفارد بأن هذه الطفرة كانت قد حدثت على الأرجح قبل أن تكتشف اللاما أنها كانت قادرة على الرعي في مرتفعات محرمة على الأنواع المنافسة . أو بعبارة أخرى ، من المرجح أن الطفرة التي تكيف النوع مع بيئة جديدة تكون قد حدثت قبل أن يحتل النوع هذه البيئة . ففي حين أن الطفرة كانت حادثاً لم يتحكم في حدوثه قانون المصادفة المحضة ، وهي بهذا المعنى حتمية ، أصبح استغلال الحيوان لهذا الحادث العرضي بحاجة إلى بحث هادف عن بيئة أكثر ملاءمة .

وثمة مثال آخر أدعى إلى الدهشة ، وهو عن نوعين من الإوز ، نوع رمادي يعيش في سهول الهند على مدار السنة ؛ ونوع حاسر الرأس يهاجر عبر الهمالايا إلى ارتفاع ٩ آلاف متر ليجد أراضي أحسن غذاء في الصيف . ويمكن للإوزة الحاسرة الرأس أن تبلغ هذه الارتفاعات بفضل هيموغلوبينها المرتفع الإلفة جداً مع الأكسجين ، والذي سبق له أن تولد نتيجة طفرة عشوائية مختلفة عن الطفرة التي حدثت للاما ⁽⁴⁾ ؛ إذ من الجائز أن يكون الإوز الحاسر الرأس قد طار قبل امتلاكه هذا الهيموغلوبين في اتجاه الشمال في طريق أطول من المعتاد وأكثر التفافاً ، ثم أتاحت له الطفرة أن يستطلع الطريق الأقصر المار عبر الجبال العالية . ومن الجائز أيضاً أن يكون الإوز قد بدأ بالهجرة عبر الهمالايا قبل أن تكون الجبال قد ارتفعت إلى هذا الارتفاع الهائل ، وربما تكون الطفرة قد أهلتها لهذا الارتفاع الحديث . إذ يُعتقد أن هذه الجبال قد ارتفعت خلال المليون سنة والنصف الأخيرة بمقدار ١٣٠٠ متر على الأقل .

دعونا نتقل الآن إلى مثال يمكن أن يتم فيه التكيف بطريقة فعالة ومنفعلة . فالفأر الأيل منتشر جداً في سهول أمريكا الشمالية وجبالها ، وهيموغلوبينه متنوع الأشكال ، بمعنى أن الدم عند كل فرد هو أحد نوعين من الهيموغلوبين

يختلفان في درجة ألفتهم مع الأكسجين أو هو مزيج متعادل من النوعين . وقد اكتشف شايل (M. A Chappell) وسنايدر (I.R.Z. Snyder) من جامعة كاليفورنيا في ريفر سايد أن ثمة رابطة بين ألفة دم فئران الأيل وارتفاع موطنه ، إذ كلما ارتفع الموطن ارتفعت معه درجة ألفة الهيموغلوبين مع الأكسجين . وللتأكد من أن هذه الرابطة تعكس آلية تكيف معينة ، أُنحوا للفئران أن تتأقلم لمدة شهرين على ارتفاعين ٣٤٠ متراً أو ٣٨٠٠ متر . وقاسوا بعد ذلك استهلاكها للأكسجين خلال التمرينات البدنية ، فوجد شايل وسنايدر أن الفئران ذات الهيموغلوبين الأقل ألفة مع الأكسجين كان عندها على ارتفاع ٣٤٠م أعلى معدل من استهلاك الأكسجين ، وأنها تستطيع لهذا السبب أن تمارس تمريناتها لمدة أطول . كما ثبت أن العكس صحيح على ارتفاع ٣٨٠٠م ، مما يبرهن على أن الاختلافات في درجة الألفة مع الأكسجين تؤقلم الفئران فعلاً مع الحياة على ارتفاعات مختلفة^(٥) .

كما أن تعددية شكل البروتين متشرة جداً في الطبيعة . وقد افترضت بشأن قيمتها الاصطفائية تخمينات كثيرة . وتخمينات شايل وسنايدر هي أول برهان على أن تعددية الشكل تؤثر بصورة واضحة في فيزيولوجية الحيوان ، وأن تأثيرها هو نتيجة للتفاعلات البيوكيميائية التي يمكن قياسها في المختبر والمربطة مباشرة باللياقة التي تحدث عنها داروين . إذ توحي نتائجهما بما يقرب من اليقين أن ما يبغي تعددية الشكل قائمة هو الضغط الاصطفائي . فهل هذا مثال على الداروينية الفاعلة أم المنفعلة ؟ إن الفئران التي تعيش فوق منحدرات جبلية ، تعتمد على الأرجح إلى الهجرة إلى الارتفاعات التي تكون أنسب ما يكون لإلفة هيموغلوبينها مع الأكسجين . وبالمقابل من المرجح أن الفئران التي تعيش في السهول الجبلية العالية أو السهول المنخفضة ، تبقى في أماكنها . والفئران ذات الهيموغلوبين الأفضل تكيفاً هي على الأرجح التي تخلف ذرية أكثر . وهكذا نشاهد الداروينية الفاعلة والمنفعلة جنباً إلى جنب في مكان واحد .

لنناقش الآن مرضين وراثيين في الهيموغلوبين عند الإنسان ، وهما أنيميا الخلايا المنجلية والثلاسيميا . والمرضان ينجمان عن طفرتين مختلفتين في مورثات الهيموغلوبين . فإذا ورث الطفرة من أحد الأبوين فقط تكون بوجه

عام غير مؤذية ، أما إذا ورثت الطفرة من الأبوين معا ، كانت آثارها مسببة للشلل . وفي أفريقيا تنتشر أنيميا الخلايا المنجلية ، في حين أن الثلاسيميا أكثر انتشارا في بلدان البحر الأبيض المتوسط وشرق آسيا وبعض جزر المحيط الهادي . وفي عام ١٩٤٩ كان عالم الوراثة هالدين (J.B.S. Haldane) . أول من أشار إلى وجود اقتران بين هذين المرضين والملايا (البرداء) . وقد تأكد ذلك الآن بعد دراسات واسعة في أجزاء مختلفة من العالم . ففي بابوا غينيا الجديدة تسود الثلاسيميا بالقرب من مستوى سطح البحر حيث تشيع الملايا . وهي نادرة بين القبائل الجبلية غير المعرضة للملايا . كما أن الثلاسيميا شائعة في الجزر الموبوءة بالملايا في ميلانيزيا ، ونادرة في الجزر الخالية من هذا المرض^(٦) .

وفي مناطق أفريقيا الموبوءة التي تقتل فيها الملايا نسبة كبيرة من الأطفال ، تبلغ نسبة من يحملون مورث الخلايا المنجلية من السكان الأصليين ٤٠ في المئة . فما الذي جعل هذا المورث يتجمع ؟ الحقيقة أنه حين يتزوج اثنان يحملان مورث الخلايا المنجلية ، يكون نصف ذريتهما على الأرجح حاملين لهذا المورث ، وربعها ذات هيموغلوبين سليم ، والربع الآخر يحمل المورثين ويكون أفرادهم مصابين بالأنيميا المنجلية . والغريب أن الأطفال الذين يحملون مورث الخلايا المنجلية هم ، ولأسباب غير مفهومة تماما ؛ أكثر مقاومة للملايا من الأطفال الطبيعيين ، وهم لذلك أوفر حظا في البقاء حتى سن الرشد . ترى هل ظهرت طفرة الخلية المنجلية مرة واحدة عند فرد بعينه تحدر منه جميع الذين يحملون هذا المورث ؟ لقد أظهر المسح المورثاتي لسكان أفريقيا أن حملة هذا المورث في مختلف أصقاع أفريقيا تحدرت من ثلاثة أو أربعة أفراد ، مما يثبت أن طفرة الخلية المنجلية كانت قد حدثت ثلاث أو أربع مرات^(٧) . أما الثلاسيميا فقد تبين أنها تظهر من تشكيلة من الطفرات ، الأمر الذي يستبعد أيضا وجود أصل مشترك لها .

أما فيما يتعلق بظهور طفرة أنيميا الخلية المنجلية أو الثلاسيميا فيبدو الأمر وكأن هذه الطفرات تظهر تلقائيا في التجمعات البشرية . وفي حال غياب الملايا ، لا يوفر الضغط الاصطفائي مناخا ملائما لحاملي الهيموغلوبين المختلف أي لحاملي هذه الطفرات ، فينقرضون خلال عدة أجيال . أما في

وجود الملاريا فإن الضغط الاصطفائي يوفر مناخا ملائما لحاملي الطفرات فيتكاثرون . ومن غير المعقول أن نقول إن حاملي هذه الأمراض (الثالاسيميا والمنجلية) بحثوا بكل نشاط عن محيط موبوء بالملاريا حيث سيكون لأطفالهم أفضلية الاصطفاء . فهم يمثلون شكلا من التكيف فرضه الاصطفاء الطبيعي ، فهو تكيف منفعل صرف ومحتم ، لأنه لا مهرب من قوانين المصادفة . فسيادة الثالاسيميا على الجزر الموبوءة بالملاريا في ميلانيزيا وانعدامها في الجزر الخالية من الملاريا هو أمر يلفت النظر حقا ، لأن هذه الجزر لم تُقطن إلا لما يقرب من ثلاثة آلاف عام . ولذلك يجب أن يكون الاصطفاء الدارويني قد قام بعمله في الأزمنة التاريخية ، لأنه قلما يحتاج إلى أكثر من مئة جيل ليعطي نتائجه . وقد نبهني بونتيكورفو Guide Pontecorvo وسميث Jhon Maynard Smith إلى أن النباتات أحسنت التطور ، مع أن تبعثر البذور والأبواغ منفعل كليا .

لقد قدم بوبر خدمة ذات نفع للنظرية الداروينية بأن وجه الأنظار إلى أهمية النشاط الفردي في البحث عن البيئة الأفضل . ولكن أمثلتي أقنعتني بأن هذا جانب واحد فقط للتطور الدارويني الذي يمكن أن يكون فاعلا أو منفعلا أو مزيجا من الاثنين .



وزارة الدفاع(*)

كتب عالم الوراثة ثيودوسيوس دوجانسكي Theodosius Dobzhansky أن كل شيء في الطبيعة يصبح بلا معنى إن لم نضع نصب أعيننا أن الاصطفاء (الانتخاب) الطبيعي هو السائد المطلق . فأحد أسباب الفقر في أفريقيا آت من مرض يصيب الماشية بسبب طفيلي يدعى المثقبي أو التريبانوزوم trypanosome . وهذا المرض يتنقل بواسطة ذبابة التسي تسي . فعندما تعقص هذه الذبابة بقرة ما ، تنفذ المثقبيات إلى دمها ، حيث تتعرفها بعض خلايا الدم البيضاء باعتبار أنها أجسام غريبة غازية . ولدى تلقي هذه الخلايا البيضاء هذا الإنذار ، تبدأ بالانقسام والتكاثر . وتفرز خلفاؤها مضادات أجسام في الدم تقتل هذه الطفيليات . ولكنها للأسف لا تقضي عليها جميعا ، بل تبقى قلة منها لأن طفرات وراثية تكون قد كستها بأغطية لا تستطيع مضادات الأجسام أن تعرفها . حينذاك تنقسم هذه الطفيليات الباقية وتتكاثر ، وتجبر الجهاز المناعي عند الحيوان على بدء القتال كله من جديد . وهكذا تتكرر هذه المعركة ذاتها كل بضعة أسابيع .

ولقد اكتشف عالم البيولوجيا الجزيئية الهولندية بورتس Piet Borst الألية المورثاتية التي تمكن المثقبيات من اتخاذ أشكال متعددة من السستر . فقد وجد أن صبغياتها تحوي مجموعة من «الكاستات» cassettes المورثاتية التي يمكن لكل منها أن يدير صناعة معطف بروتيني مختلف ، وبإمكان الطفرات أن تنشط هذه (الكاسيتات) كلا بدوره بإدخالها في «مشغل الكاسيت» نفسه . ولكن ما من معطف من هذه المعاطف الجديدة يمكن أن يخدع أجهزة

(*) مراجعة لكتاب شوكة في لحم البحر ، تأليف ديزوفيتش .

The Thorn in the Starfish, by Robert S. Desowitz,
(New York: W.W. Norton, 1987)

دفاع البقرة لمدة طويلة . لأن المورثات التي تكوّد (ترمز) (*) مضادات الأجسام كانت منذ بدايات الحياة قد خلطت بما يقرب من مئة مليون طريقة ، تسمح لها بأن تصنع ما يقرب من مئة مليون مضاد للأجسام . وتفرز مجموعة مختلفة من خلايا الدم البيضاء كلا من هذه المضادات . وهكذا توفر هذه الوفرة في الإنتاج للبقرة إمكانية تصنيع مضادات أجسام ليس فحسب للمثقيبات بجميع الأشكال التي تستر بها ، بل مضادة لجميع أشكال الخمج (**) الأخرى التي يمكن تصورها .

ولكن الطفرات التي تغير معاطف المثقيبات ، وخلط المورثات الذي يسفر عن توليد مضادات أجسام ، هي كلها حوادث مصادفة . فالاصطفاء الطبيعي هو الذي كان وراء هذه الملايين من الخلايا البيضاء عند البقر التي تتعرف المثقيبات بالمصادفة ، وهو الذي كان وراء طفرات المثقيبات التي تغلت من تعرف الخلايا البيضاء عليها في البدء ، فتقسم وتتكاثر . فالصراع الدارويني الدائر بين الخلايا البيضاء والمثقيبات يضمن بقاء جماعة من الطفيليات وبقاء مضيفتها ، أي البقرة ، ولكن هذه تصبح ضعيفة هزيلة وفقيرة في إنتاج الحليب ، مما يعود بالضرر على صاحبها .

وهكذا نرى أن خلايا الدم البيضاء التي من نوع تلك التي ترد على المثقيبات ، هي الجنود التي تستنفر دفاع الحيوان لمقاومة الخمج . والكتاب الذي نتحدث عنه يدخل القارئ العادي في عالم هذه الخلايا بجميع صورها التي تتجلى فيها ، بأسلحتها وتكتيكاتها وأجهزة التحكم التي تضبط حركاتها ، بما في ذلك حالتنا العقلية ، وهذا ما يبدو مستغربا . فالزكام الشديد الذي أصابك قبل امتحاناتك النهائية مباشرة ، يمكن أن يكون قد اخترق وسائل دفاعك بسبب التوتر العصبي والإثهاك اللذين جعلاهما جهاز مناعتك ينهار . وقد دلت تجارب أجريت على الجرذان أن الاستجابة المناعية يمكن أن يخمدتها أيضا المنعكس الشرطي ، كما لو أن مجرد رؤية ورقة امتحان آخر تأتي بعد سلسلة من الامتحانات كافية لأن تثبط الجهاز المناعي .

. Code (*)

. (**) أو العدوى Infection

ويعرفنا الكتاب على بعض التجارب الماثورة حول المتعضيات المجهرية التي تهاجمنا ، وحول وسائل دفاعنا تجاهها . أما عنوانه «شوكة في نجم البحر» ، فهو مأخوذ من اكتشاف قام به البيولوجي الروسي إيلي متشنيكوف Elie Metchnikoff في عام ١٨٨٢ . وإليك بعضا من تقريره عنه :

كنت في استراحة قصيرة من صدمة الحوادث التي كانت سبب تركي للجامعة أوديسا . وكنت منغمسا بحماس في أبحاث في موقع فخم في مضائق ميسينا .

في أحد الأيام ، ذهبت عائلتي إلى «سيرك» لمشاهدة بعض القردة التي تؤدي عروضاً خارقة . فبقيت وحيدا مع مجهري لاحظ الحياة في الخلايا المتحركة داخل يرقانات نجم البحر الشفافة . فلمعت في دماغي فجأة فكرة جديدة . فقد خطر في بالي أن مثل هذه الخلايا يمكن أن تعمل في الدفاع عن المتعضية تجاه أي دخيل . وعند إحساسي بأن في هذه الفكرة شيئا فائق الأهمية ، شعرت بأني في حالة هياج ، حتى أنني رحت أذرع الغرفة جيئة وذهابا ، إلى أن ذهبت إلى شاطئ البحر لكي أستجمع أفكارى .

وقد قلت في نفسي : إذا كان افتراضي صحيحا ، فإن أي شظية تدخل في جسم يرقانة نجم البحر في مكان خال من الأوعية الدموية أو الجهاز العصبي ، لا بد أن تحيط به حالا خلايا متحركة ، كما ينبغي أن يلاحظ ذلك إذا ما دخلت شقة من خشب أوزجاج في إصبع إنسان . وما إن فكرت بذلك حتى نفذته .

وكان في بيتي حديقة صغيرة كنت نصبت فيها قبل أيام قليلة «شجرة عيد الميلاد» على شجرة مندرين صغيرة . فاقتلعت منها قليلا من أشواك الورد وأدخلتها تحت جلد بعض اليرقانات الجميلة الشفافة كالماء .

وكنت في حالة إثارة منعني من النوم بانتظار نتائج تجربتي . وفي الصباح الباكر جدا من اليوم التالي تأكدت أنها نجحت تماما .

وقد شكلت هذه التجربة أساسا لنظرية البلعميات (*) التي خصصت السنوات الخمس والعشرين التالية من حياتي لتطويرها .

وكما يحدث غالباً ، فقد تم بذلك اكتشاف عظيم الفائدة للإنسان نتيجة ملاحظة أبسط المخلوقات . وذهب متشنيكوف بعد ذلك مباشرة إلى باريس لكي يستخلص في مختبر باستور الجديد مضامين اكتشافه في الطب . وقد وجد نفسه أخيراً متورطاً في معركة بول إرليخ Ehrlich رائد المناعة الألماني الذي أعطى الدور الأول فيها لخلايا الدم البيضاء المنتجة لمضادات الأجسام ، وقلل من دور بلعميات متشنيكوف التي تلتهم الجراثيم . ولكن الواقع أثبت أن الاثنين حيويان للدفاع عن الجسم . أما ديزوفيتش فيروي لنا أن اكتشاف إرليخ كان بداية لمجال واسع من البحث ، فكان كأنه انفجار أحد المستعرات ، حتى لقد جعلني أسأله : هل تبلدت حواسنا بفعل الأمور الكبيرة لدرجة أن مجرد انفجار ديناميت ، يمكن أن يمر من دون أن نحس به ، وأنه لذهولنا لم يعد يكفي لإثارتنا سوى حدث ضخم قادر مثلاً على أن يعصف بكامل المنظومة الشمسية .

ويزد ديزوفيتش الأمريكيين المراعين لصحتهم بوصفات طبية لكي يحافظوا على جهازهم المناعي قويا حتى سن الشيخوخة المتقدمة ، وينصحهم بأن يتناولوا وجبات فيها آثار من المعادن الأساسية إضافة إلى حبوب الفيتامينات . ولكنه يحذر من أن هذه الوصفات لا تفيد المفرطين في التدخين . إذ من المعروف أن التدخين هو السبب الأول لسرطان الرئة وأنه أحد مسببات الرئيسية لأمراض أوعية القلب الدموية . ويصف ديزوفيتش أيضاً مضار أخرى أقل شهرة للتدخين . منها تشييط الجهاز المناعي ، مما يجعل المدخن أكثر عرضة لالتقاط العدوى ؛ وضرر آخر هو شلل يصيب الشعيرات التي تفرش القصبات الهوائية والرئتين والتي تدفع الغبار والجراثيم إلى الخارج . هذا إضافة إلى أنه يفسد الإنزيمات الساعية إلى إزالة الأنسجة الرئوية التالفة أو إلى إصلاحها ، فتدمر أنسجة الرئة المتضررة بدلاً من إصلاحها مما يسبب مرض الانتفاخ الرئوي المولم .

يمكن أن تكون المنعكسات التحسسية قد تطورت أصلاً لتخليص الحيوانات من الديدان الطفيلية ؛ إذ إن مضادات الأجسام التي يؤدي وجود الديدان إلى ظهورها في الأمعاء لا تهاجم الديدان مباشرة ، بل تسبب إطلاق المحرضات كالهستامين مثلاً الذي يجعل أمعاء المريض تطرد الديدان . ولكن

هذه المضادات نفسها يمكن أن تنشطها عن «طريق الخطأ» حمى التبن أو الربو أو أمراض الحساسية الأخرى التي نبتلى بها . فالتدخين يخفف حالتين تحسسيتين ، هما الربو وقولنجات القرحة ، على الأقل عند بعض الذين يعانونهما . فهؤلاء المرضى يستفيدون في الظاهر من تثبيط الجهاز المناعي الذي يحدثه التدخين .

ولقد ابتكر التلقيح طبيب إنجليزي هو إدوارد جينر Jenner وذلك لكي يعيى الجهاز المناعي ضد الأمراض قبل أن تهاجمنا . فقد جربه أول الأمر عام ١٧٧٨ على أطفال جمعهم من إصلاحية الأحداث وليس على «متطوعين» على دراية بالأمر . فحقنهم بجذري البقر ؛ ثم عمد ابن أخيه وهو ليس طبيا ، إلى اختبارهم بصديد الجدري لكي يرى هل احتما من العدوى أم لا ، وحقن معه طفلا غير ملقح ليكون شاهد^(*) هذه التجربة . ويبدى ديزوفيتش حيرة تجاه هذا التناقض بين الإيمان الديني عند جينر وهذه التجارب العديدة الشفقة على أطفال غير عارفين بما قد يصيبهم . إلى أن شرح له مؤرخ من أوكسفورد بأن هؤلاء الأطفال لابد أنهم كانوا مستبعبدين من رعاية كنيسة الرب الرسمية ، لأنهم اقترفوا إثما بكونهم ولدوا فقراء . فقد كان ينظر إلى المعوزين آنذاك كما لو كانوا الخنازير الهندية التي تجرى عليها التجارب حاليا . ويذكر ديزوفيتش بأن حكومة بافاريا جعلت التلقيح إلزاميا في عهد مبكر يعود إلى عام ١٨٠٧ . أما في إنجلترا ، مسقط رأس جينر ، فلم يؤخذ به ويصبح إلزاميا فعلا إلا في عام ١٨٧١ . ولم يطبق أخيرا على كل رجل وامرأة وطفل في العالم إلا بعد نحو مئتي عام . وهكذا نرى أن الأساليب الجديدة لقتل الناس كان يتم تبنيها دائما بنشاط وفعالية . أما أساليب حمايتهم من المرض فقد استغرقت في بعض الأحيان قرونا ليتم الأخذ بها .

ومن الجائز أن يكون التلقيح قد أنقذ حياة أناس أكثر حتى مما أنقذت المضادات الحيوية . فقد كتب المؤلف :

في عام ١٩٢١ ظهرت في الولايات المتحدة ٢٠٠ ألف حالة خناق تقريبا ؛ وفي عام ١٩٣٤ ، ظهرت ٢٥٠ ألف إصابة سعال ديكبي ، وفي عام

١٩٤١، ٩٠٠ ألف إصابة حصبة، وفي عام ١٩٥٢، ٢١ ألف إصابة شلل أطفال، وفي عام ١٩٦٨، ١٥٠ ألف إصابة نكاف. ولكن بحلول عام ١٩٨٢ خفض انتشار تحصين الأطفال عدد الإصابات السنوي إلى ٣ حالات خناق، و١٥٠٠ حالة لكل من الحصبة والسعال الديكي و٥ آلاف حالة نكاف و٧ حالات شلل أطفال (ثلاث منها كانت نتيجة التلقيح، وهي مصادفات معاكسة نادرا ما تحدث). وكل هذا وأكثر منه (كالكزاز والحصبة الألمانية اللذين يدخلان كذلك ضمن نظام التلقيح الأساسي)، لا يكلف أكثر من عشرة دولارات تقريبا لكل طفل لاكتساب المناعة من كل تلك الأمراض. ولم يسبق أن كانت هناك صفقة رابحة أعظم من هذه. وفي عام ١٩٧٤ أعلن كبير أطباء الولايات المتحدة عن أهداف قومية لمتابعة تحصين أمريكا من الأمراض. وقد خطط لهذه الأهداف أن تنجز قبل عام ١٩٩٠. ولم يطبق هذا البرنامج فحسب، بل إنه سبق المواعيد المحددة له: لذلك من المحتمل أن تكون حالات الحصبة وشلل الأطفال قد اندثرت في الولايات المتحدة قبل عام ١٩٩٠ أو بعده بقليل وأصبحت من غرائب التاريخ.

ومن المحزن أن يكون هذا البرنامج الرائع مهددا باقتطاعات الميزانية وبالأضرار الفادحة التي تحملتها شركات الأدوية، التي سببت لقاحاتها بين حين وآخر أمراضا أو موتا. وعلى المحاكم أن تتحقق أنه لا توجد إمكانية لصنع دواء آمن على وجه الإطلاق أكثر من إمكانية صنع سيارة من دون أخطاء. وعلى الجمهور أن يتحمل حدا أدنى من المخاطرة في مقابل المنافع الهائلة التي تحققها اللقاحات، وإلا فستوقف شركات الأدوية عن صنعها.

وهناك الآن تقدمات عظيمة وشبكة في مجال التلقيح. ومن المفروض أن يكون معظم أطفال الولايات المتحدة قد تلقحوا قبل عام ١٩٩٠ ضد النكاف والحصبة والحصبة الألمانية. ومن الجائز أن تكون الحصبة قد استؤصلت حاليا في العالم كله مثل الجدري. كما يوجد حاليا لقاح مضاد لالتهاب الكبد الإثنائي (hepatitis B) القاتل الواسع الانتشار، ولكنه يكلف نحو مئة دولار للحقنة الواحدة. ولا يزال الجذام يصيب نحو ١٢ مليون شخص. وتجري الآن على نطاق واسع التجارب على لقاحات مضادة له تنفذ في فنزويلا والهند ومالاي. ومنذ أن اكتشف وليم تراجر (Trager) (من جامعة روكفلر

في نيويورك) كيفية زرع طفيلي الملاريا في خلايا الدم الحمراء البشرية ، أصبح من الممكن البحث عن لقاح ضد هذا المرض ؛ ولكن ما زالت هناك صعوبات تقنية عديدة يجب التغلب عليها . وتُعلق أكبر الآمال الآن على توليد فيروس جدري البقر (الاستعمل حاليا كلقاح مضاد للجدرى) عن طريق الهندسة الوراثية ، بحيث تظهر على سطح هذا الفيروس أيضا واسمات متعضيات أخرى مسببة للمرض^(*) ، كفيروس التهاب الكبد الإثنائي وطفيلي الملاريا . إن حقنة واحدة من هذا الفيروس المركب المولد وراثيا لن تكون غالية الثمن وخاصة أنها تحصن الشخص تجاه تشكيلة من الأمراض . كما يبدو أن السبب في سرطان عنق الرحم هو بوجه عام فيروس الورم الحليمي ، والسبب في سرطان الكبد البدائي هو فيروس التهاب الكبد الوبائي (الإثنائي) ، والمرضات معا يمكن الوقاية منهما بالتلقيح . ويتوقع المؤلف (ديزوفيتش) إيجاد لقاح في المستقبل البعيد حتى لبعض السرطانات الأخرى الأكثر شيوعا .

ويولد اليوم ٩٠ مليون طفل في العالم كل عام ، ويموت منهم ١٥ مليونا قبل إتمام السنة الأولى من أعمارهم ، ومن هؤلاء يموت ٦ ملايين بسبب أخماج يمكن الوقاية منها ، ومعظمهم من العالم الثالث . ثم إضافة إلى وفاة ١٥ مليون طفل ، يصبح ١٨٠ ألفا في حالة عجز بسبب شلل الأطفال . في حين أنه بالإمكان الوقاية من مزيد من الأمراض بكلفة رخيصة عن طريق التلقيح على مستوى العالم أجمع . لذلك يناشد ديزوفيتش العالم بحرارة لأن ينفذ ذلك فعلا ، فالأمهات في القرى الأفريقية يندبن أطفالهن بأسى مثلما تفعل الأمهات في العالم الغربي . وقد أعجبني كثيرا فكرة «يوم في حياة ملقح مداري» التي تخيلها ديزوفيتش . إنها قصة ممثلة بالحنان والعطف عن متطوع (دعاه كانديد (Candide)^(**) من العالم الثالث انطلق من المركز الصحي في منطقته ، لكي يلقح الأطفال في قرية نائية ضد الخناق والحصبة والسعال الديكي والكزاز . وحتى الآن لم يحصل سوى ربع أطفال العالم الثالث على اللقاح المركب ، مع أنه لا يكلف سوى سبعين سنتا للطفل

(*) فالبروتين الذي يشكل معطف الفيروس يعطي علامات الفيروسات الأخرى ، مما يمكن خلايا الدم البيضاء المنذرة بالخطر من أن تتعرفها وتدعو إلى تكوين مضادات لها .

(**) كانديد اسم أطلقه فولتير على بطل رواية ألفها لكي يسخر من تعاليم لايتزر المتفائلة .

الواحد . ولكن مجموعة كانديد تستثني الجدري ، لأن ابتلاء العالم بهذا المرض سبق أن استأصلته منظمة الصحة العالمية ، بطريقة لا بد أنها كانت أحد أعظم إنجازات التعاون العالمي على وجه الإطلاق . إنه لعمل متميز حقا أن المنظمة لم تترك أي إنسان من دون تلقيح حتى لو كان في أبعد ركن من أركان الكرة الأرضية ، هذا على الرغم من حالات الإهمال واللامسؤولية وعدم الكفاءة والفساد المعهودة في العديد من البلدان ، لدرجة تشبث حتى همة المتطوع الذي تخيله المؤلف في كل خطوة .

ويمكن لبعض اللقاحات أن تصبح غير فعالة نتيجة لسوء التغذية المنتشر جدا ، ولا سيما بين أطفال العالم الثالث . فبالنسبة لناقصي التغذية لا تجد سوى لقاحات الجدري والحصبة وشلل الأطفال . أما اللقاحات المضادة للتيفرويد والنكاف والحناء والحمى الصفراء ، فلا تحميهم من المرض . ولكن يمكن جعلها مجدية بإعطاء الأطفال نظاما غذائيا مرتفع البروتين مباشرة قبل التلقيح ، ولمدة أسبوع أو اثنين بعده .

تبدو هذه الوسيلة المتواضعة بسيطة إلى حد ما على الورق ، ولكنها على الأرجح تكاد تكون مستحيلة على أرض الواقع ، وهذا ما يعرفه تماما أي إداري حل به اليأس من عمله في أحد برامج مكافحة الجوع . ولقد وضعت منظمة الصحة العالمية الحدود الدنيا لمتطلبات التغذية لجميع الأعمار ، ولكن الحدود لدينا قد لا تكون كافية للكثير من بين ربع سكان العالم الناقصي التغذية ، لأن أمعائهم داهمتها الطفيليات التي تسلب منهم طعامهم ، وتخربش أحشاءهم لدرجة أن حصتهم القليلة من الغذاء لا تكاد تمتصها أجسامهم . وقد كتب ديزوفيتش : « في الولايات المتحدة الأمريكية ، يمكن أن يكون العالم الثالث على بعد عدة مبان فقط » ؛ فقد وجدت حملة الأطباء على الجوع في أمريكا أطفالا يعانون أمراض عوز البروتين ، كمرض الكواشيوركور Kwashiorkor الذي يجعل بطون المصابين به تنتفخ وتنكمش أردافهم ، (وهذه أمراض كان يعتقد أنها لا تظهر إلا في المناطق المدارية) ، كما ظهرت لدى أطفال آخرين أعراض إعاقه في النمو وخبل وعوز في الفيتامينات . ولم تعد تحمي أطفال الأمريكيين الفقراء هؤلاء ، السلوبي المناعة والمهينين للعدوى ، برامج التحصين من المرض التي ترعاها الحكومة .

وبحسب حملة الأطباء هذه تحتاج الولايات المتحدة إلى برنامج خاص بها للقضاء على الجوع ، يمكن توفيره بتكلفة قليلة مقارنة بالمبالغ الطائلة التي بددت على برنامج «حرب النجوم» العديم الفائدة^(١) .

ترى متى سيوجد لقاح فعال ضد الإيدز؟ ليس لدى ديزوفيتش جواب عن هذا السؤال المربك . ولكنه يمدنا بالكثير من المعلومات المهمة والمفيدة عن هذا المرض . فأول ما اشتبه بوجود مرض جديد ، كان عام ١٩٧٩ ، وذلك عندما شخصت حالات نادرة جدا من ذات الرئة (التي لا توجد عادة إلا عند الأطفال الصغار) عند خمسة ذكور شاذين جنسيا من لوس أنجلوس . وبعد سبع سنوات شخص الأطباء وجود الإيدز لدى ٢٨ ألف شخص من الولايات المتحدة ، وتوقعوا ٢٧٠ ألفا حتى عام ١٩٩١ مع إجمالي وفيات يقرب من ١٨٠ ألف حالة خلال فترة اثنتي عشرة سنة ، أي ما يقارب من أربعة أمثال الأمريكيين الذين قتلوا في حرب فيتنام . وكان أول من تعرف فيروس الإيدز هو مونتانيه Luc Montagner في معهد باستور بباريس عام ١٩٨٣ ، وقد أسماه فيروس اعتلال العقد اللفظية - (LAV) Lym- (phadenopathy --associated virus . أما المؤلف ديزوفيتش فيفضل تسميته فيروس لوكيميا الخلايا التائية البشري (HTLV) human T- cell Leukemia Virus . وهو اسم صاغه روبرت جالو Gallo من معاهد الصحة الوطنية في بتسلا (ولاية مرييلاند) ، استنادا إلى الاعتقاد بأن هذا الفيروس له علاقة بفيروسات لوكيميا الخلايا التائية . أما الاسم الشائع حاليا فهو فيروس عوز المناعة المكتسبة البشري human immunodeficiency Virus أو اختصارا (HIV) .

ولقد بحث ديزوفيتش مطولا مسألة الدليل على أن هذا الفيروس هو السبب الحقيقي لمرض الإيدز ، وبأن وجود مضادات أجسام مقاومة له يثبت أن الإنسان يحمل المرض . كما يقدم في كتابه عرضا مفصلا (لا يليق الحديث فيه عامة) ، عن طباع الشاذين جنسيا من الذكور . فمن المعتاد على ما يبدو أن الواحد منهم يتصل جنسيا بعشرة مشاركين مختلفين في اليوم الواحد ومئة في الشهر . ولكن التناقص الحاد في ظهور حالات السيلان الشرجي مؤخرا في سان فرانسيسكو يشير إلى تراجع في شيوع الاتصال الجنسي غير

المشروع ، الأمر الذي قد يخفض من انتشار المرض . فالإيدز لا يصاب به كالزكام ، وإنما يتقل بوجه عام فقط عن طريق نقل الدم أو إبر الحقن المشتركة أو الخدوش ، وعلى الأغلب عن طريق الاتصال الجنسي الشاذ ، أو عبر المشيمة من الأم المصابة إلى جنينها ، ولكن من النادر كثيرا أن ينتقل عن طريق الجماع الطبيعي في حالة الزواج من واحدة فحسب ؛ على أن ديزوفيتش يورد ، خلافا لهذا التعميم الأخير ، الاكتشاف الحير لنسبة صغيرة من مرضى الإيدز في هايتي هم في حالة زواج طبيعي ومن شريك واحد فقط من الجنس الآخر . ويعتقد بعض الخبراء أن الإيدز كان لمدة طويلة وباء في أفريقيا وأنه ظل غير ملاحظ . ولكن ديزوفيتش يستبعد هذه الرؤية على أساس أن أعراض المرض لافتة للنظر ومتميزة لدرجة أن أغصى الأطباء لا يمكن أن يخطئها . على أن فحص عينات من المصل البشري المجمدة المأخوذة من أفريقيا الوسطى عام ١٩٥٩ أثبت وجود عينة تحوي مضادات أجسام مقاومة لفيروس الإيدز ، في حين أنه لم يعثر على عينات إيجابية بالإيدز بين عينات مصل مجمد أوروبي أو أمريكي عائد إلى تلك الفترة من الزمن .

ولقد عثروا في دم قرود أفريقيا على فيروسات ذات قرابة مع فيروسي الإيدز المعروفين ، الأمر الذي جعل الناس يتساءلون : هل بدأت جائحة الإيدز بانتقاله من القرود إلى الإنسان . إن ديزوفيتش يستبعد هذه الإمكانية على أساس أنه لم يسمع قط أن أفريقيا اغتصب قردا ، ولكن نوارو Noireau يستشهد في عدد حديث من مجلة The Lancet بكتاب وضعه الأثروبولوجي كاشامورا Kashamura ، عن العادات الجنسية عند الشعوب القرية من البحيرات الكبرى الأفريقية وعن ثقافتها . ويقول : «لكي يرفع الرجل أو المرأة من شدة فعاليتها الجنسية يحقن نفسيهما عند الفخذين أو منطقة العانة أو الظهر بدم قرد ذكر للرجل وأنثى للمرأة» . ولقد تم تأليف الكتاب قبل ظهور الإيدز^(٣) . كما أن هذا الوصف صادق على الأرجح لأن كاشامورا من منطقة البحيرات الكبرى . وقد ألف كتابه عن عادات شعبه هو نفسه . لذلك يستنتج نوارو أن «هذه الممارسات السحرية يمكن أن تعد نموذجا لتجربة فعلية في انتقال المرض . فلا يستبعد أن تكون مسؤولة عن ظهور الإيدز عند الإنسان» .

هل ثمة أمل في إعاقة انتشار الإيدز أو في إنقاذ ضحاياه ؟ «إننا لا نستطيع -
تبعاً لديزوفيتش- أن نتطلع إلى علاج كيميائي سحري معبأ في حبوب
تسعف المرضى . ولكن البحث عن علاج كيميائي مازال ضروريا لمحاربة فعالة
لأي من الأمراض الفيروسية - فما بالنا بالإيدز » .

وفي واقع الأمر عرض في الأسواق منذ عدة سنوات عقار شديد
الفعالية ومضاد لطائفة القوباء (وهي مرض جلدي) من الفيروسات .
ويدعى هذا العقار أسيكلوفير acyclovir . وقد اكتشفه في عام ١٩٧٧
إليون Elion وشيفر Schaeffer ويور D. J. Bauer ، في مختبرات
البحوث لشركة ولكم ، وهو يزيل الآلام ويمنع عقابيل القوباء (*) التي هي
مرض الشيخوخة المعذب . وتقوم شركات الأدوية حالياً بتركيب مثات
الأدوية الكيميائية المماثلة للأسيكلوفير يحدوها الأمل بأنه قد تثبت فعالية
أحدها ضد الإيدز .

إن البحث يتسارع الآن حول جوانب الإيدز كلها . وقد طالبت مصلحة
الصحة العامة في أمريكا بـ ٣٥١ مليون دولار في عام ١٩٨٧ و ٤٧١ مليون
دولار في عام ١٩٨٨ لدعم هذه الأبحاث .

ثم إن العديد من العلماء الجيدين تركوا عملهم الذي ألفوه لكي يدرسوا
فيروس الإيدز ومهاجمته للجهاز المناعي . فلم تمض سوى أربع سنوات على
اكتشافه حتى حلوا رموز مورثته ، ووصفوا طريقة نسخه ، كما أعطوا جرداً
بالجزئيات المكونة له ، وحددوا نوع خلايا الدم البيضاء التي تؤويه . وهذه
كلها مقدمات أساسية لعلاج الجذري . ولكن تطوير لقاح ضد الإيدز يواجه
صعوبة في أن الفيروس يطفو بسرعة ، بل يحتمل أن يطفو للدرجة التكيف مع
الاختلاف الطفيف عند كل فرد . وعلاوة على ذلك ، لا يصاب به شخص ما
حتى يتدفق وجود مضادات الأجسام المقاومة للفيروس غير قادرة بالضرورة
على تجنب تطور المرض ، ولربما كان سبب ذلك هو أن صبغي فيروس الإيدز
يصبح مندجاً في صبغيات خلايا الدم البيضاء عند المضيف ، بحيث يصبح
الفيروس جزءاً من النظام الوراثي عند المضيف نفسه .

وفي الولايات المتحدة تنسق مؤسسة الصحة الوطنية أبحاث الإيدز . وقد جندت بعض أفضل الباحثين في علم الفيروسات والبيولوجيا الجزيئية والكيمياء الحيوية للعمل في هذه المسألة . وهناك أمل كبير في أن يجد هؤلاء العلماء البارزون سبلا لمنع انتشار هذا المرض الرهيب ولإنقاذ ضحاياه . وتقوم في بريطانيا مستشارية البحث الطبي الشبيهة بمؤسسة الصحة الوطنية في أمريكا بتعبئة البحث عن لقاحات وعلاجات ضد الإيدز . وهناك جهود مماثلة ماضية قدما في بلدان أوروبية أخرى وستمتد عما قريب إلى أقطار العالم كافة .

تتبع قوة كتاب ديزوفيتش من تعاطفه ومن تجربته الطبية الواسعة في العديد من أنحاء العالم . فوصفه مثلا لانتفاخ الرئة عند المدخنين لا ينتهي عند تحليل ظواهره المجهريّة ، بل عند ذكرى صديق قديم ، هو التقني الرئيسي في المدرسة الإنجليزية للطب المداري ، وكان مدخنا مدمنا ، وقضى نحبه بسبب المرض . ولاكتفي دراسته لعلم الأوبئة في المناطق المدارية بالإحصاءات ، بل تمضي إلى ما هو أبعد ، إلى المشكلات اليومية في حياة الناس الفقراء . ويقدم الكتاب للإنسان العادي في الولايات المتحدة كثيرا من النصائح الملموسة حول التلقيح والحماية وأسلوب الحياة ، كما يقدم لكل إنسان يهتم بالصحة العامة معلومات كثيرة مثيرة للجدل حول المرض الذي يمكن الوقاية منه . ويحاول ديزوفيتش أن يجعل الإنسان العادي يفهم كيف يعمل الجهاز المناعي على مستوى الخلية . ولكنه خيب أمني لأنه لا يشرح آليته الجزيئية الأسرة التي كان حل لغزها من أكبر الانتصارات الحديثة للبيولوجيا الجزيئية .

تكمن مواطن ضعف الكتاب في أخطاء عرضية ، وبخاصة في الكيمياء الحيوية ، وفي ازدرائه علم الطب البيولوجي الأساسي الذي «لم يشف أي إنسان» ، مع أن لهذا العلم الفضل في العديد من المنجزات الطبية التي ورد وصفها هنا ، كلقاح ساين Sabin Vaccine ضد شلل الأطفال . وفي الهفوات العرضية التي تراوح بين الشائع والسخيف ، مثل المحادثة التخيلية الأخيرة بين ديزوفيتش وزائر وزميلين ادعوا بأن التغلب على الملاريا هو مشكلة مالية فقط ، أو رآه في أن باستور ربما أجل تجربة حاسمة لأن زوجته قد قالت له : «هل أنت ذاهب اليوم إلى المختبر يا لويس ؟ اليوم هو عطلة نهاية

الأسبوع وقد وعدت بأن تسلك المرحاض . ترى كيف يمكن لأمريكي كان قد عاش في أوروبا أن يتخيل امرأة من الطبقة البورجوازية الفرنسية في نهاية القرن الماضي ، يمكن أن تبلغ بها الجراءة بأن تطلب إلى زوجها أن يهين نفسه في مهمة كان يمكن أن تتركها لخادمتها؟ وحتى في يومنا هذا لا يمسك بمنقضة الغبار سوى قلة من الرجال الفرنسيين . ثم إننا نقرأ بعد قليل أن باستور «مقتصد مثله مثل أي باحث في أيامنا هذه يحرص على تنظيم إنفاقه» . وهذا يدعونا لأن نفترض ضمنا أن باستور كان رجلا يعتمد على منح البحوث التي يتلقاها ، لا عالما يعمل في زمن تقشف لم يكن قد وجد فيه دعم الدولة المنظم للعلم ، وكان على الباحثين أن يسيروا أمورهم بأدوات بدائية يدفعون ثمنها من جيوبهم الخاصة . ويكتب ديزوفيتش "a bacteria" [قاصدا بها جرثومة واحدة بينما هي تعني جراثيم] . وهو لا يريد أن يخبرنا بأنه متزوج من "a women" [أي نساء] ، فلماذا إذن ينكر الجراثيم على (البكتيريا) المسكينة صيغة الفرد a bacterium؟

ومع ذلك هذه أخطاء تافهة في كتاب يمكن أن يكون الأول الذي يشرع بوضوح للإنسان العادي وسائل دفاعنا الطبيعية ضد الخمج^(٥) .



(٥) infection أو العدوى .

المزيد عن المناعة^(*)

«غريزتي تمدثني عن ذلك الحب تجاه الأشياء . . . إنها تقول لي إنني لا أستطيع أن أتكيف لأجاري الناس . . . ويرادوني الظن بأنني كنت إلى حد ما شديدة الصراحة معهم . فأنا واضحة جدا ، وهم لا يستطيعون مجارأتي في ذلك» . ترى هل صرف ذلك الفشل [عن مجاراة الناس] عواطف أنا بريتا Anna Brito نحو كريات الدم البيضاء؟ لقد جسدت قول بيتر ميداور بأن العالم ليس شخصا ينحصر عمله في فتح باب الاكتشاف . لأن «البحث ، عند كل مستوى من مستويات السعي في العلم ، هو تعهد مهمة ما بكل حماس»^(١) وحين التقت جون جودفيلد (مؤلفة الكتاب) بأنها في معهد للسرطان بنيويورك ، أسرتها أنها بتفانيها الخيالي المتقد في بحثها ، فقررت أن تراقب أنا وزملاءها في العمل ، كما كانت جين جودأول Jane Goodall تراقب قرود الشمبانزي وهي تصرف شؤون حياتها اليومية في غابة أوغندا . فلكي تفهم جودفيلد سلوك هذا النوع الغامض من الإنسان العاقل العالم ، أخذت تراقب موطنه الطبيعي - المختبر - بكل إخلاص وتسجل كل كلمة أو حركة أو إيماءة . وحين لم تكن أنا مراقبة فعلا جعلتها جون تسجل أفكارها على شريط تسجيل . وقد احتاجت جودأول إلى عدة شهور من الصمت والصبر وهي تنتظر حتى تتقبل الشمبانزيات وجودها كجزء من الغابة ، وتتصرف كما لو أنها لم تكن موجودة معها . لذلك أتساءل : هل تصرف «نوع» الناس الذين راقبتهم جودفيلد باستمرار كما لو أنهم غير مراقبين أيضا؟ إن المرء ليرادوه الظن أحيانا

(*) مراجعة لكتاب «عالم متخيل» تأليف جون جودفيلد

An Imagined World, by June Goodfield

(London: Hutchinson 1981)

بأنهم يستجدون رضا مراقبيهم بأقوال أو أفعال تلاقي قبولا
أو استحسانا لدى هؤلاء .

إن بطلة القصة التي تتحدث عنها مؤلفة الكتاب هي ابنة وحيدة
لزوجين برتغاليين ثريين كان يتوقع لها أن تنمي في نفسها فضائل ابنة من
طبقتها ، فتزوج وتنجب أطفالا . ولكنها قررت بدلا من ذلك أن تدرس
الطب . وفي أثناء سنوات تعاملها مع المرضى أدركت أنها لن تستطيع
العمل وهي ترى الناس يتألمون . لذلك اتخذت بعد تخرجها سبيل البحث
بدلا من ممارسة الطب . فالتحقت بمختبر للبيولوجيا بنته حديثا مؤسسة
جولبنكيان Gulbenkian ثم أرسلت إلى لندن لدراسة علم المناعة .

ولما كانت السلطات البرتغالية متلهفة على طريقة أهل الجنوب لكسب
إعجاب مضيفي آنا من الإنجليز ، فقد أخبرتهم بأنها أرسلت إليهم فتاة
متمرسمة في البحث التجريبي وطليقة اللسان باللغة الإنجليزية . ولكن
الدكتورة فيرا المشرفة على آنا فوجئت بدلا من ذلك بفتاة شابة صامتة لم
يسبق لها أن قامت بتجربة واحدة في حياتها . فوجدت لها عملا لا
تستطيع فيه على الأقل أن تفسد شيئا ، وأعطتها مجعرا ، وطلبت إليها أن
تفحص مقاطع رقيقة قصت عبر طحالات بعض الفئران وعقدها
اللمفاوية . وكانت بعض هذه الفئران قد أزيلت منها الغدة الصعترية
(وهي غدة صغيرة في العنق) بعد الولادة مباشرة ، والأخرى طبيعية .
وطلبت الدكتورة فيرا إلى آنا أن تبحث عن الفرق بين أنسجة النوعين من
الفئران . وقد فسرت جودفيلد هذا العمل بأنه كان معنيا بنمو دفاع
الحيوانات تجاه الخمج (العدوى) ، وربما أيضا تجاه السرطان . وهذا الدفاع
هو من اختصاص خلايا الدم البيضاء التي تدعى الكريات اللمفاوية-lym-
phocytes ومنشؤها في نقي العظام . إلا أن الدفاع لم يكن يقوم ، لأسباب
غامضة ، بوظيفته عند الحيوانات التي كبرت من دون غدة صعترية .
لذلك ، ولكي تكتشف دور الغدة الصعترية ، طلبت الدكتورة فيرا إلى آنا
أن تنظر في العقد اللمفاوية وفي الطحال حيث تفضل الكريات اللمفاوية
أن تتجمع .

ثم عن أي شيء تبحث؟ إذ بينما يمكن للكريات اللمفاوية عادة أن

تحمينا من السرطان ، نجد أنها تتكاثر جدا في بعض السرطانات كسرطان الدم (اللوكيميا) ومرض هودجكين Hodgkin disease . لذا قد يزودنا البحث في الكريات اللمفاوية بمفاتيح آليات المناعة وأسباب السرطان . إذن ليس هناك مجال للبحث أهم من هذا ، كما لا يوجد سوى القليل من المجالات الأصعب منه ، سواء من الناحية التقنية أو من الناحية النظرية المجردة . فهذه الخلايا اللمفاوية هي ، كالجراثيم ، خلايا منعزل بعضها عن بعض ، ولكن التعامل معها أصعب بكثير ، لأنها أكثر حساسية بكثير ، فهي تموت بالحرارة أو البرودة ، وبالإكثار من الملح أو بالإقلال منه ، وبالحمج الجرثومي أو الفيروسى ، أو بالمغذيات الخطأ . إن مظهرها اللطيف تحت المجهر يخفي حشدا من الأغشية والأعضاء الصغيرة التي تسير حياتها . كما أن سطوحها مزودة بمجسات تميز العدو من الصديق . أما كيميائيا فهي عالم لا يصدق من التعقيد ، وحين تغير سلوكها ، يلعب السبب والنتيجة مع المراقب لعبة الاستغماية (طميمة) .

لقد انسحبت أنا مع شرائح الدكتور فيرا إلى إحدى الزوايا ، وبعد شهر من التحديق في المجهر ، أيقنت أنها اكتشفت شيئا ، ولكن سرعان ما فطنت إلى أن هذه الحقائق لن تتحدث عن نفسها ، وأنها من دون معرفة باللغة الإنجليزية لن تستطيع الحديث عن تلك الحقائق . وقد ظلت هكذا ، مدة ثلاثة أشهر بعدها قالت لها الدكتورة فيرا إن الوقت قد حان لأن تعود إلى لشبونة . ولكن غضب أنا أخرج من فمها الكلمات الضائعة . فهي لاحظت أن بعض مناطق الطحال التي تكون عادة مملوءة بالكريات اللمفاوية ، كانت فارغة في طحالات الفئران المتزوعة الغدة الصعترية ، في حين أنه كان هناك الكثير من الكريات اللمفاوية المحتشدة في مناطق أخرى من هذه الطحالات ، الأمر الذي جعل أنا تدرك أنه لا بد من أن هناك على الأقل جماعتين من الكريات اللمفاوية ، وأن الجماعتين معا تنشآن في نقي العظام . ولكن إحدهما لا تحتاج إلى عضو آخر لإثضاعها ، في حين أن الأخرى يجب أن تنضج في الغدة الصعترية . وقد لاحظت أن هاتين الجماعتين المختلفتين تستوطنان مناطق مختلفة في الطحال . ولكن يظل السؤال : كيف يمكن للكريات اللمفاوية أن تعرف إلى أين تذهب ؟ وما

الذي يوقفها عندما تصل إلى هناك؟ وهكذا سيطرت هذه الأسئلة منذ ذلك الوقت على أفكار آنا وعلى أعمالها .

وبعد قضاء سنتين في لندن عادت آنا إلى لشبونة وهي تتوقع ترحيبا حارا ، ولكن اكتشافها لم يحدث أي أثر بين زملائها هناك ، وظلوا غير مباليين تجاه أسئلتها الحيوية . فوجدت أن عبقريتها المتأججة تضيق بين أناس مغرورين وبإمكانات متواضعة . لذا انتزعت نفسها بعيدا عن وطنها وعائلتها وتسلمت وظيفة محاضر في جامعة جلاسكو . وفي أثناء ذلك اكتشف باحثون آخرون أن المناعة تحتاج إلى تعاون نوعين مختلفين من الكريات اللمفاوية . فتساءلت آنا عند وجودها في جلاسكو ما الذي يشد أحد هذين النوعين إلى الآخر . فاكتشفت بدلا من ذلك أن الكريات اللمفاوية المتحدرة من الغدة الصعترية ، تفرز عاملا يمنعها من الانضمام إلى الكريات اللمفاوية الأكبية مباشرة من نقي العظام . فكتبت إلى جودفيلد : «إن اكتشافي صحيح ، وإني أكاد أظير بشأنه حتى لأكاد أنفجر» . وسطرت بكل عناية رسالة متزنة إلى مجلة نيتشر Nature حول اكتشافها ، ولكن حين لم تحرك هذه الرسالة ساكنا في دنيا المناعة شعرت بأنها أشبه بمحب منبوذ .

ومن يهتم لذلك؟ ولماذا عليّ أن أعتقد بأنه أمر ذو بال؟ ولماذا أعتقد بأنه على عاتقي تقع مسؤولية البرهان والبحث عن الدليل على فكرة معينة ، عندما أكون متأكدة من أن مئات الأشخاص الآخرين يستطيعون فعل ذلك ، وبأنني إذا مت غدا فلن يكون لذلك أدنى أهمية؟ كما لا أدري إن كان جيم واتسون وفرانسيس كريك قد أصيبا يوما باليأس . ولكن القوة اللازمة للاعتقاد بأن ما تعتقد به أنت جدير بالمتابعة ، هي بالنسبة للكثير تواضعا منا قوة كبيرة جدا [وقد وجد كاتب هذه المراجعة أن قوة أكبر حتى من هذه ضرورية أحيانا لكي يتخلى الإنسان عن عقائده] . . . وقد فكرت لأول مرة بوجود تطبيقات عملية قيمة لفكرتي إن كانت صالحة . . . وكان قد تبين سابقا أن المرضى المصابين بخلايا مهاجرة [وهي خلايا سرطانية تنتشر في الجسم] ، يكون لديهم عدد قليل من الكريات اللمفاوية المتجولة . فمن الممكن على الأقل أن تكون الأشياء البسيطة قد عثر عليها

الآن في حال الخلايا المهاجرة . لأننا لو تدبرنا وسيلة لاحتفاء أثرها ، لأصبح لدينا جهاز إنذار مبكر ، يكتشف توزع الخلايا المهاجرة .

ولقد أدت تحقيقات الخيال هذه بآنا إلى دراسة مرض هودجكن . وهو سرطان يسبب انتفاخ العقد اللمفاوية ، في حين يمكن أن يفتقر الدم عندئذ للكريات اللمفاوية . فتساءلت آنا : هل احتجزت هذه الكريات في مكان ما ، وإذا كانت قد احتجزت فأين ؟ وما الذي احتجزها ؟ وكان لابد لها لكي تختبر أفكارها هذه من الحصول على دعم بعض المصابين بمرض هودجكن وسائلهم اللمفاوي وعينات من نسيجهم . فللهصول على هذه الأشياء تخلت عن وظيفتها الثابتة كمحاضرة جامعية ، لتتسلم وظيفة غير ثابتة كباحثة في معهد السرطان ومستشفاه في نيويورك . وهناك تروي لترجمة حياتها :

لم يعد لدي شك اليوم حول كوني محقة فيما أفكر فيه . . . لا أستطيع أن أصدق الدليل المائل أمام عيني بأن مرض هودجكن يمكن أن يكون شكلا من الايكوتاكسوياتي (*) [وهذا اصطلاح يفرض نفسه ، صاغته آنا لتعبر به عن الخلايا التي تستوطن نسيجا تستهدفه] . . . لن أفكر بشيء آخر لمدة أربع سنوات . سأكتفي بالتجارب إلى أن تعلن النتائج عن نفسها . . . ولو نظر المرء في أبهاء المستشفى إلى وجوه الزوار المرعبة من شدة القلق ، لانتابه شعور بأن هناك حالة مستعجلة .

ولكن هذه المشاعر لا تشاركها فيها للأسف اللجان التي توزع منح الأبحاث ؛ فجميع طلباتها مرفوضة ، ربما لأنها لم تتلق من لجان المنح سوى رد واحد شبيه بالرد الذي تلقاه المتهم من القاضي في كوميديا هنريش كلايست Heinrich Kleist «الإبريق المكسور» : «الحقيقة والخيال معجونان معا في رأسك كما لو كانا في قالب حلوى ، ومع كل شريحة منه تعطيني بعضا من كل منهما» .

فباشرت آنا العمل مع طبيبة صينية سبق أن خصصت سنوات عديدة لتسجيل جوانب مرض هودجكن عند أكثر من ٢٥٠ مصابا ، وذلك بأمل

أن تعثر على أصول هذا المرض . وهكذا ظلت أنا لأسابيع وهي تتصفح هذه السجلات . وبعد جلسة ماراثونية استمرت من الصباح الباكر حتى ساعة متأخرة من الليلة التالية ، سمعنا صرخة «أوريكا» . لأنها اعتقدت بأن السجلات تشير إلى جواب بسيط . إن تعداد الكريات اللمفاوية في الدم ، يرتفع قبل أن ينخفض محتواه من الحديد مباشرة . وفضلا عن ذلك تحمل الكرية اللمفاوية على سطحها عند المريض بروتينا يخزن الحديد . فالحديد إذن هو مفتاح السر !

فراحت أنا تبحث بوحى من إحساسها الباطني عن علامات عيب في أيض (استقلاب) الحديد بطحال المرضى . وقد حاولت أن تثبت أن هذا العيب الوظيفي لابد أن يظهر بالفلورة عندما ينظر إلى الخلايا عند تعريضها لضوء فوق بنفسجي . وقد وجدت أنا هذه الفلورة . ولم يكن قد سبق لأحد غيرها أن لاحظها ، وبررت ذلك بأن أحدا لم ينظر ، وهو لم ينظر لأنه لم يكن يحمل في ذهنه النظرية الصحيحة . أما الآن فقد أصبحت الروابط بين الحديد ومرض هودجكن وأنواع السرطان الأخرى تملأ الأسماع أينما التفتت . إن نسبة الإصابة بمرض هودجكن هي واحدة عند الحسنيين قبل البلوغ ، ولكنها تصبح بعد البلوغ أكبر عند الذكور . وهذا واضح لأن الحديد ينقص عند الفتيات نتيجة للطمث . وقد قرأت أنا عن ظهور متكرر لمرض هودجكن في شيفيلد بإنجلترا ، والسبب في ذلك واضح لأن شيفيلد ممتلئة بمصانع الفولاذ . وقد وجدت أن طحالات المرضى بسرطان الغدد اللمفاوية مترعة بالحديد . واكتشف زملاء أنا عاملا يحرض خلايا الدم البيضاء على تكوين مستعمرات ، وبخاصة عند المرضى بسرطان الدم . كما وجدوا أيضا عاملا مضادا يمنع تكوين المستعمرات . وقد تكون لدى أنا إحساس بأن هذا العامل يمكن أن يكون بروتينا يربط الحديد بقوة ، وقد تبين أن فكرتها صحيحة . وهنا وجدت أخيرا الجواب عن السؤال الذي طرحه أول جزء من بحثها : ترى ما الذي يوجه تقلات الكريات اللمفاوية ؟ إنه الحديد .

وتروي أنا لترجمة حياتها «كنت أقضي ٢٤ ساعة في اليوم وأنا أفكر فقط» . (ولكن ماذا عن قرارها بأن تتوقف عن التفكير أربع سنوات وأن

تأثر على التجريب؟» وأقول في نفسي إذا كان هذا كله صحيحا ، عندئذ تكوينين قد زدت التعرض لنمط واحد من الحديد . . . ولذا يمكن أن تتوقعي . . . كثيرا من الحديد في الدم . وكان هذا توقعي ، واليوم تبين أنه صحيح . لقد حققنا خطوة مهمة إلى الأمام في فهمنا لسرطان الدم (اللوكيميا) . ولا أفترض أن هناك إنسانا سيصدقني ، ولكني أصدق نفسي . وهذا يذكرني برسالة وجهتها لحمي (أبي زوجتي) كتبها عام ١٩٤٩ ، وقد وجدتتها منذ عهد قريب . وفيها كنت أعلن بصوت عال أنني قد حللت بنية الهيموغلوبين ، أي بروتين خلايا الدم الحمراء ، وهي مسألة كنت أعمل بها منذ عام ١٩٣٧ . وبعد أشهر قليلة برهن لي كريك على أن حلي كان غير ذي معنى .

تري هل أفكار آنا صحيحة؟ إن الذين قضوا حياتهم في دراسة مرض هودجكن متشككون . وقد قال لها مدير معهدا بلطف : لو كان الحديد مهما لمرض هودجكن لكان للتغيرات في نظام المرضى الغذائي أثر في سيره ، ولكنها لا تحدث أثرا . وإنما يجب أن تكون هناك رابطة ، لم نجدها بعد ، بين المرض وبعض الاضطرابات الموروثة التي تحدث أثرا في أيض الحديد . وفي أحد الأيام زار مختبر آنا الدكتور هنري كابلان الخبير العالمي بمرض هودجكن . فقال لها : «قد يكون ما وجدته من نهم إلى الحديد هو مجرد عمل إضافي تقوم به الخلايا حين تُنشَّطُ ، فهو تفاعل ثانوي وليس سببا رئيسيا . أعتقد أن دراستك للحديد والبروتينات الرابطة للحديد رائعة . ولكن لا تتعجلي السير نحو مجموعة خاصة من الجزئيات ، لأنك ستجدين أن هذا ليس سوى شيء تافه كأنه علبه ديدان» . ولكن آنا كانت صماء تجاه اعتراضاتهم وظلت ملتزمة بإيمانها في كون مرض هودجكن في الدرجة الأولى خلافا في شحن خلايا الدم البيضاء بالحديد . إنها بالأحرى كسيدة حديدية أخرى^(*) ظلت مخلصنة لنظام العملة (كناية للحديد) ، على الرغم من كل الأدلة على أنه كان يزيد حالة المريض سوءا . ولابد أن يكون آخرون قد لفتوا انتباه آنا بأنه لو كان السبب الرئيسي للمرض هو خطأ في أيض الحديد ، بدلا من أن يكون نتيجة لتكاثر الخلايا

(*) نظن أنها إشارة إلى مرغريت تاتشر رئيسة وزراء بريطانيا الأسبق .

المتحدة من خلية طافرة واحدة ، أو هو خلايا أصبحت مسرطنة بتأثير فيروس لايزال مجهولاً إلى الآن ، كما يُعتقد على نطاق واسع ، لكن لا بد أن تكون قابلية الإصابة به مورثة . ولكن ليس هذا هو الحال .

تقول آنا : «أتوق لأكون مسنة وأستاء من أن أفكار المرء قد لا تساوي بنسا واحداً قبل بلوغه الخمسين» . والواقع أن نظريات السرطان تشكل مرضاً مهنياً بين المسنين الحائزين جائزة نوبل ، ولا يأخذها على محمل الجد سوى قلة من العلماء . فـأوتو واربورج Otto Warburg ، الذي ربما كان أكبر بيوكيميائي ألماني على الإطلاق ، كان يعتقد حتى مماته بأن الخلايا السرطانية يمكن أن تحصل على طاقتها من دون أكسجين ، وأنها لذلك تختلف عن الخلايا الطبيعية . وفي أحد الأيام زرته في معمله المخصص للبحث في الخلية ، وهو أشبه بقلعة أنيقة من عصر الروكوكو(*) في ضواحي برلين . وعند المدخل واجهني تمثال جذعي بالحجم الطبيعي لواربورج ، ثم استقبلني واربورج الحقيقي بدمائه في مكتبته . وسرعان ما تحول حديثه إلى نظريته في السرطان وقال : «حاضرت عنها منذ أيام . فهل تعرف ما الذي جرى؟ وقف بعدها أحد الطلبة وعارضني . لقد عارضني طالب وأنا حائز جائزة نوبل ! لم يحدث ذلك قط في الأيام الماضية ، فـ«ولشتاتر Willstatter (كيميائي شهير) كان سيسحقه بنظرة غاضبة» . فهل هذا الوضع هو ما تتوق إليه آنا؟ ويعتقد أحد الكيميائيين الأمريكيين الكبار الآن بأن جرعات كبيرة من الفيتامين C تطيل أعمار مرضى السرطان . والأخطر من هذا أيضاً أولئك الأطباء الذين يعتقدون بمصحات السرطان الروحية . وأذكر واحداً أقنع نفسه وآخرين معه بأن الأورام تتراجع استجابة لمعالجة ابتكرها . وقد أصبح رئيساً لجنح العناية السرطانية حيث كانت لديه كل السلطات الكافية لأن يصب معالجته على مرضاه السيئ الحظ لأكثر من جيلين - مع أنه زاد فقط من آلامهم من دون أن يحصل على أي نتيجة علاجية لأورامهم . ولكن الجمهور القلق ووسائل الإعلام تهلل بلا انقطاع لهؤلاء الأشخاص ويتهمون المتشككين بأنهم يغلغلون عقولهم عن كل الأفكار المخالفة لتلك السائدة . وأخشى أن

(*) نوع من البناء المزخرف انتشر في القرن الثامن عشر .

تكون آناً على الطريق الزلق نحو تلك الجماعة المشيرة للشك وأن تكون جودفيلد قد أصبحت وكيل إعلامها .

هذا كل ما نحتاج إلى قوله عن حبكة القصة . ورواية المؤلفة لها واضحة ومثيرة ، وتجعل القارئ مولعاً ببطلتها ، التي كانت مع ذلك تبدي من حين لآخر قليلاً من السذاجة . وقد سجلت على شريطها : «لم أكن كذلك طوال حياتي . . . إني خائفة لأول مرة في حياتي . . . خائفة من أن أرتكب خطيئة ما ، أو من أن أكون على خطأ ، وهذا أمر رهيب ، فعلا رهيب» . لقد علمت من بعض الذين أبحروا حول العالم بمفردهم أنهم كانوا باستمرار ، وطوال طريقهم ، خائفين حتى الموت من أن يرتكبوا خطيئة ما . إن هذا الخوف الدائم هو الذي جعلهم متيقظين للإبحار في الاتجاه الصحيح . . . وتشرح آناً حالتها مرة أخرى : «إني مشلولة . . مشلولة تماماً . فلسبب واحد سيصبح الفيروس أكبر أمر مشيت للالتباه في تاريخ السرطان . وكل من في بيت العلم واقف في ركن منه ووجهه إلى الحائط . هنا كنا نعمل حقاً لستة أسابيع ووجدنا شيئاً ما . . فهل تعرفين لماذا . . ؟ لأننا كنا نفكر» . . . ولكن التفكير ليس كافياً ، لابد أيضاً من حكم . فمئذ ثلاثين عاماً فكر شاب أمريكي مندفع مختص في علم البلورات ، ثم راح يسعى هنا وهناك قائلاً : «أعطوني مليون دولار وسأحل بنية البروتينات في خمس سنوات» . وقد وجد فعلاً مُحسناً ساذجاً دفع له مليون دولار ، ولكنه لم يحل إطلاقاً بنية أي بروتين لأن تفكيره كان خاطئاً .

وقد صرحت آناً «كانت المحاضرات التي ألقيتها جيدة ، ولكن الشيء الأكثر أهمية هو المنظور الذي اكتسبته بشأن نفسي ، بصفتي المرأة التي هي أنا الآن وبشأن المعنى المضبوط لمكتشفاتنا في منظور تطوري . . . وتأتي النشوة من التحقق بأن عملية النمو - نمو ورم سرطاني أو سليم - هي عملية موروثية عن الأجداد ، هابطة من الشهب» . أف إيا له من هراء مدع ! كم ستكون مثيرة السنوات العشرون القادمة ، ما أشبه هذا بما قد يصدر عن مراهقة بعد أول تجربة لها على المسرح .

على أن الكتاب ، على الرغم من الترهات المتأبهة ، هو رواية مثيرة لمحاولة فتاة شابة رومانسية موهوبة مصممة على حل مسألة من مسائل

الطب الأساسية . ومع أن نظرياتها غير صحيحة على الأرجح ، إلا أنها دفعتها إلى اكتشاف جوانب من سلوك الكريات اللمفاوية وكيميائها . وقد أصابني بعض النفور من أسلوبها الانفعالي المتسلط إلى حد ما في عمل البحث ، ولكن أي امرئ يريد رواية حية مشرقة تحكي يوما بيوم آمال بحث في مختبر للسرطان وضجره وانتصاراته وخيبات أمله ، سيجده موضوعا لقراءة جيدة . ثم إن المؤلفة تستبدل بالمصطلحات الاختصاصية المتقكرة كلمات بسيطة ، وتشرح العلم للقارئ غير المطلع شرحا دقيقا واضحا .



الفيزياء ولغز الحياة^(*)

في أوائل أربعينيات القرن الحالي كان إرون شرودنجر مكتشف الميكانيك الموجي^(**) يعمل في معهد للدراسات المتقدمة في دبلن (عاصمة إيرلندا) ، وفي أحد الأيام التقى إيwald (P.P. Ewald) الذي هو أيضا عالم نظري ألماني كان حينذاك أستاذا في جامعة بلفاست (عاصمة إيرلندا الشمالية) . فقدم إيwald (الذي كان طالبا في جوتنجن قبل الحرب العالمية الأولى) لشرودنجر مقالة كانت قد نُشرت في مجلة Nachrichten aus der Biologie der Gesellschaft der Wissenschaften في مدينة جوتنجن عام ١٩٣٥ . وكان كاتبو المقالة هم تيموفيف - ريسوفسكي - N. W. Timofeef و Ressoovsky وزير K. G. Zimmer ودلبروك Max Delbruck ، وعنوانها «طبيعة الطفرات الوراثية وبنية المورث»^(١) . ويبدو أن شرودنجر كان قد اهتم بهذا الموضوع لبعض الوقت ، ولكن المقالة استهوت له لدرجة أنه جعل منها الأساس لسلسلة من المحاضرات في كلية تريتي بجامعة دبلن . وفي شهر فبراير ١٩٤٣ ، نُشرت هذه المحاضرة من قبل دار جامعة كمبردج للطباعة تحت عنوان «ما هي الحياة؟ الوجه الفيزيائي للخلية الحية» .

وقد أُلّف الكتاب بأسلوب ساحر محبوب يكاد يكون شاعريا (كقوله «قد نستطيع التنبؤ بزمان حياة عصفور دوري معافى ولا نستطيع ذلك بالنسبة لذرة مشعة») . وقد أثار الكتاب اهتماما واسعا ، ولاسيما بين الفيزيائيين الشبان ، واستجرت حتى عام ١٩٤٨ خمس وستين مراجعة ، وبلغ رصيد مطبوعاته

(*) مراجعة لكتاب «ما هي الحياة؟» والبيولوجيا الجزيئية. "What is Life" and Molecular ,

تأليف إرون شرودنجر Erwin Schrodinger

(Cambridge University Press, 1987)

Wave Mechanics (**)

حتى الآن ، نحو مئة ألف نسخة . وأصبح منذ ذلك الوقت عملا كلاسيكيا
وقر للمؤرخين وعلماء الاجتماع وفلاسفة العلم منهلا يتزودون منه ، فعلقوا
عليه أو علقوا على التعليق أو على التعليق على التعليق . وفي عام ١٩٧٩
قُدمت حول موضوعه أطروحة لنيل دكتوراه فلسفة ، فتضمنت ١٢٠ مرجعا
ماعدا المراجعات الخمس والستين^(٢) . وكان فرانسوا جاكوب هو أفضل من
شرح أسباب هذا الصدى الكبير للكتاب :

عشية الحرب العالمية الثانية اشتمأز العديد من الفيزيائيين الشبان من
استخدام الطاقة الذرية في أغراض عسكرية . إضافة إلى ذلك ، فقد سئم
بعضهم من الانعطاف الذي سارت فيه الفيزياء التجريبية ، ومن التعقيد الذي
فرضه استخدام الآلات الضخمة . فقد رأوا فيه نهاية العلم ويحثوا حولهم
عن فعاليات أخرى . فتطلع بعضهم إلى البيولوجيا بمزيج من الحياء والأمل .
الحياء ، لأنه لم يكن لديهم عن الكائنات الحية سوى أفكار أولية غامضة عن
علم الحيوان والنبات مازالوا يذكرونها من أيام المدرسة . والأمل ، لأن الأكثر
شهرة من كبارهم كان قد صور البيولوجيا علما مفعما بالوعود . وقد رأى
فيها نيلز بور مصدرا لقوانين فيزيائية جديدة . وهكذا أيضا شرودنجر الذي
توقع لأولئك الذين التحقوا بالبيولوجيا إحياء آمالهم ونشاطهم ، ولاسيما
الذين انضموا إلى مجال المورثات . فقد كان سماع واحد من آباء الميكانيك
الكمومي يسأل نفسه «ما هي الحياة؟» ويصف الوراثة بدلالة البنية الجزيئية
والروابط بين الذرية والاستقرار الترموديناميكي ، كافيا لأن يجتذب نحو
البيولوجيا حماسة الفيزيائيين الشبان وأن يضيف عليهم نوعا من الشرعية
[التشديد الأخير من قبلي] . فقد انصبت طموحاتهم واهتماماتهم على
مسألة واحدة لا غير ، هي الطبيعة الفيزيائية للمعلومات الوراثية^(٣) .

وقد وجد إيليا بريجوجين Ilya Prigogine أن كتاب شرودنجر كان مصدرا
إحياء لبحوثه في الترموديناميك اللاوازني . كما ذكر سيمور بنزر Benzer
وموريس ولكنز Wilkins وجونشر مستنت Gunther Stent أن الكتاب كان
حاسما في تحولهم من الفيزياء إلى البيولوجيا . وقال فرانسيس كريك إنه وجد
مهما ، ولكنه كان سيتحول إلى البيولوجيا على أي حال . ومن جهتي فقد

كنت في ذلك الحين في أوج محاولتي حل بنية البروتينات عندما نشر الكتاب ، ومن الجائز أنه شجعني باستشهاده بوجهة نظر دارلنجتون Darlington بأن المورثات مكونة من بروتين . وفي عام ١٩٦٥ كتب كريك :

يبدو أنه كان لكتاب شرودنجر الصغير على الذين دخلوا بعد الحرب العالمية الثانية في موضوع البيولوجيا تأثير من نوع خاص . فقد كانت النقطة الأساسية فيه هي أن البيولوجيا تحتاج إلى استقرار الروابط الكيميائية وأن الميكانيك الكمومي هو الوحيد الذي يستطيع تفسير ذلك . وهذه النقطة لا يشعر بضرورة تأكيدها سوى الفيزيائيين . ولكن الكتاب كان جيد التأليف إلى أبعد الحدود ، وحمل إلينا بطريقة مثيرة الفكرة القائلة إن التفسيرات الجزيئية لا يؤمل بأن تكون مهمة إلى أبعد الحدود فحسب ، بل كانت أيضا غير بعيدة المنال . وهذا ما كان قد قيل سابقا ، ولكن كتاب شرودنجر صدر في الوقت المناسب تماما وقد جذب الناس الذين كان من الجائز أنهم ما كانوا ليدخلوا عالم البيولوجيا إطلاقا من دونه^(٤) .

على أن كريك أضاف في عام ١٩٧١ : «لا أستطيع أن أتذكر أي مناسبة ناقشت فيها حجم واتسوع حدود التي يقف عندها كتاب شرودنجر . وأظن أن السبب الرئيسي في ذلك هو أننا كنا متأثرين بشدة بـ (باولينج) Pauling الذي كانت لديه أساسا المجموعة الصحيحة من الأفكار . لذا لم نبدد قط أي وقت في مناقشة ما إذا كان علينا التفكير على طريقة شرودنجر أو على طريقة باولينج ، بل بدلا لنا أن علينا وبكل وضوح ، اتباع الأخير^(٥) .

كما أنني لا أذكر أنني وكريك وواتسون وجون كندريو Kendrew ، قد ناقشنا صلة كتاب شرودنجر بالبيولوجيا الجزيئية البنوية خلال السنوات التي قضيناها معا في مختبر كافنديش . وقد كتب ستانلي كوهن Cohen : «إن قلة العلميين العديدين المشاركين في مقرر دلبروك Delbruck's Phage Course في كولد سبرنج هاربر في عام ١٩٤٤ ، كانوا قد قرؤوا كتاب شرودنجر^(٦) . «وفي جميع المناشط الاجتماعية والفكرية التي نُظمت خلال العطل الصيفية التي تلت الحرب ، لا أذكر أن أحدا قد أتى على ذكر شرودنجر» . وكان المشاركون في هذا المقرر يضمون طليعيين في علم

المورثات الجزيئية والبيوكيمياء ، من أمثال سلفادور لوريا Salvador Luria وألفرد هرشي Alfred Hershey وأندريه لفوف Andre Lwoff وجاك مونو وجان براشيه Jean Brachet . فالكتاب إذن كما يبدو لم يكن له أثر كبير في الأشخاص الذين كانوا في الأصل يعملون في هذا الميدان .

ولقد وضع شرودنجر كتابه للقارئ العادي . فهو يبدأ بفصل عن «تناول الفيزيائي التقليدي للموضوع» ، ويتساءل : كيف يمكن لحوادث في المكان والزمان ، وتقع في متعضية حية ، أن تفسرها الفيزياء والكيمياء . «فما نعرفه عن البنية المادية للحياة أصبح كافيا لأن يقول لنا لماذا بالتحديد لا تستطيع الفيزياء الراهنة تفسير الحياة . ويكمن هذا الفرق (بين الظواهر الفيزيائية وظواهر الحياة) من وجهة النظر الإحصائية . إذ لا يخطر على البال تقريبا أن القوانين وأنماط الانتظام التي اكتشفناها (الفيزياء) حتى الآن ، هي ذاتها التي يجب أن تُطبق مباشرة على سلوك المنظومات التي يبدو من ظاهرها ، أن بنيتها تختلف عن البنية التي أرسى هذه القوانين وأشكال الانتظام قواعدها عليها» . وقد قفز شرودنجر إلى هذا الاستنتاج بعدما قرأ أن المورثات هي جزيئات من نوع خاص ، وتحوي كل خلية نسختين منها ليس إلا . وكان شرودنجر قد دخل جامعة فيينا في عام ١٩٠٦ . أي في السنة التي توفي فيها لودفيج بولتزمان Boltzman . فتعلم في الجامعة على أيدي تلاميذ بولتزمان . وهكذا ظل طوال حياته متأثرا بأفكار هذا الأخير ، الذي ينص ترموديناميكه الإحصائي على أن سلوك الجزيئات الفردية لا يمكن التنبؤ به ، ولا يمكن التنبؤ إلا بسلوك أعداد كبيرة من الجزيئات . لذا يخلص شرودنجر إلى أننا في علم الوراثة «نواجه آلة مختلفة كل الاختلاف عن الآليات الفيزيائية الاحتمالية» . ويشكل هذا الفارق الموضوع الموجه لهذا الكتاب .

ففي الفصل الأول ، يوضح شرودنجر معنى الترموديناميكي الإحصائي بإيراد أمثلة عن قانون كوري Curie وعن الحركة البراونية والانتشار وعن القاعدة «الجذر التربيعي لـ n » . وفي الفصلين التاليين يتحدث عن آليات الوراثة والطفرات ، ويعطي مداخل مختصرة ومبسطة تقضي إلى معارف مدرسية في هذه المواضيع بحسب ما كانت متاحة في ذلك الزمن . وقد

كشفت هذه المقدمات إحدى الأفكار المهمة الخاطئة في ذهن شرودنجر . فقد كتب «إن الصبغيات هي في الوقت نفسه شرعة القانون وسلطة التنفيذ في الخلية الحية» . في حين أن البيوكيميائيين كانوا قد أثبتوا أن السلطة التنفيذية تنحصر في الأنزيمات التي تقوم بعمل الحفازات . وفي عام ١٩٤١ اكتشف بيدل W. G. Beadle وتاتوم E. I. Tatum أن كل مورث يحدد نشاطاً أنزيمياً محدداً^(٧) . ولقد أدى هذا الاكتشاف إلى فرضية التقابل بين كل مورث وإنزيم ، هي فكرة سبق أن ألح إليها البيوكيميائي والمورثنائي هالدين من كامبردج^(٨) ، ثم أصبحت فكرة مركزية لفهم البيولوجيا . ولكن يبدو أن شرودنجر لم يسبق له أن سمع بها .

أما الفصلان التاليان فهما العمود الفقري للكتاب ، وعنوانهما : «بيئة الميكانيك الكمومي» و«نموذج دلبروك تحت المناقشة والاختبار» . وكان وادينجتون Waddington^(٩) أول من اكتشف أن هذين الفصلين هما إلى حد كبير إعادة صياغة للمقالة التي نشرها تيموفيف وزيمر ودلبروك في عام ١٩٣٥^(١٠) . وقد نشرت هذه المقالة في خمس وخمسين صفحة ، وهي مقسمة إلى أربعة أجزاء ، كتب الجزء الأول منها تيموفيف ، ووصف فيه نتائج الأشعة السينية^(١١) وأشعة جاما في طفور المورثات (أي في وصف ما يسمى نتائج الطفرات الوراثية Mutagenic Effects) عند ذبابة الفاكهة -Drosophila Melanogaster . وقد بين أن معدل الطفرات التلقائية عند هذه الذبابة منخفض ، وأن هذا المعدل يرتفع إلى ما يقرب من خمسة أمثاله عند رفع درجة الحرارة ١٠ درجات مئوية . أما الإشعاعات المؤينة فتزيد هذا المعدل تزايداً خطياً مع الجرعة ، وهذا بصرف النظر عن توزيعها الزمني وعن طول الموجة وعن درجة الحرارة أثناء التشعيع .

وكان الجزء الثاني من المقالة من تأليف زيمر ، وقد طبق فيه نظرية الهدف Target Theory على نتائج تيموفيف ، فوجد أن عدد الطفرات X يعطى بالعلاقة $X = a(1 - e^{-kD})$ ، حيث k ثابتان و D هو الجرعة . وبعدئذ يتساءل زيمر : هل حدثت الطفرات نتيجة لامتصاص الكموم Quanta مباشرة ، أم نتيجة لمرور الإلكترونات الثانوية عبر حجم حساس ، أم نتيجة لتوليد أزواج

من الأيونات . وإذا قيسَت الجرعة بالرونتجن Roentgens ، تناقص عندئذ عدد الكموم المطلوب لإحداث جرعة معينة مع تناقص طول الموجة . فامتصاص الكموم المباشر لا يتسق إذن مع العلاقة الخطية بين عدد الطفرات والجرعة . وهذا ما ينطبق أيضا على الإلكترونات الثانوية . أما عدد أزواج الأيونات فهو وحده المتناسب مع الجرعة ، وذلك وضوحا لأن هذه طريقة قياس الجرعة . لذا استنتج زيمر أن ضربة (إشعاع) واحدة تكفي لإحداث طفرة واحدة ، وأن هذه الضربة إما أن تتكون من تشكّل زوج من الأيونات وإما أن تكون انتقالات إلى طاقة أعلى .

أما الجزء الثالث فكان قد كتبه دلبروك ، وهو يحمل بالألمانية العنوان "Atomphysikalisches Model der Mutation" أي (نموذج لإحداث طفرة في المورثات اعتمادا على الفيزياء الذرية) . وفيه يذكرنا دلبروك بأن مفهوم المورث بدأ على شكل مفهوم مجرد مستقل عن الفيزياء والكيمياء ، وأنه ظل كذلك إلى أن رُبط بالصبغيات (الكروموزومات) ، ثم بأقسام من الصبغيات قُدِّر أنها من حجم جزئي . ولما لم يكن لديه هو وزملائه أي وسيلة لاكتشاف الطبيعة الكيميائية للمورثات مباشرة ، لذا تعرضوا للمسألة تعرضا غير مباشر بدراسة طبيعة وحدود استقرارها ، وكذلك بالتساؤل هل هذه الطبيعة وهذه الحدود متسقة مع المعرفة التي اكتسبوها من النظرية الذرية عن سلوك التجمعات الذرية المعرفة تعريفا جيدا .

فمثل هذه التجمعات يمكن أن تخضع لانتقالات تلقائية متقطعة للحالات الاهتزازية والإلكترونية ، كما أن الانتقالات من حالة اهتزازية إلى أخرى متواترة جدا ولا تؤدي إلى تبدلات كيميائية . أما في حال الانتقالات الإلكترونية فيمكن للتجمعات إما أن ترد إلى الحالة الأساسية أو توصل إلى حالة توازن جديدة بعد خضوعها لإعادة ترتيب ذراتها ، كأن تصل إلى شكل توتوميري tautomeric (متساوي الأجزاء) . وقد أدت النتيجة التي توصل إليها تيموفيف (وهي أن تواتر الطفرات التلقائي يرتفع إلى خمسة أمثاله عند رفع درجة الحرارة ١٠°) ، إلى جعل دلبروك يستنتج أن طاقة التنشيط (*) عندئذ

(*) طاقة التنشيط هي الطاقة اللازمة لإحداث الانتقال الإلكتروني ، أي لانتقال الإلكترون إلى طاقة أعلى .

هي ٥ ، ١ إلكترون فلت ، ومتوسط العمر هو بضع سنوات ، وحينذاك يكون نصف الجزيئات التي تشكل المورث قد حدثت فيها انتقالات إلكترونية .

وإثر ذلك وصف دلبروك كيف تفقد الأشعة السينية طاقة على الإلكترونات الثانوية على صورة أجزاء وسطيةها ٣٠ إلكترون فلت في التأين [الواحد] وهذا يعادل $kT \times 1000^{(*)}$ أو ٢٠ مرة من طاقة التنشيط المساوية ٥ ، ١ إلكترون فلت التي رأينا أنها ضرورية لحصول طفرة تلقائية . ولكن لتوليد طاقة مقدارها ٥ ، ١ إلكترون فلت ، يجب ألا يتم التأين بعيدا جدا عن هدفه . فمفترقا عن طرق تبديد طاقة الإلكترونات الضوئية كانت أقل بكثير من أن نعين قيمة الجرعة المطلقة الضرورية ، لاستحداث طفرة باحتمال يساوي الواحد (أي لظهورها الأكيد) . ولكن هذه الجرعة المعبر عنها بعدد التأينات في واحدة الحجم ، كانت على الأرجح أصغر من عدد ذرات المورث في واحدة الحجم بما يقرب من ١٠ إلى ١٠٠ مرة . وهنا يحسب دلبروك هذه الجرعة على النحو التالي :

لقد لوحظ أن المتواتر هو أن تحدث نتيجة لتأثير الأشعة السينية طفرة (إيوزين eosin) وذلك بجرعة مقدارها ٦ آلاف رونتجن مرة في كل ٧ آلاف من الأعراس (**). فلكي يكون احتمال حدوث الطفرة هو الواحد الصحيح (أي أن حدوثها مؤكد) يجب أن تكون الجرعة 42×10^6 رونتجن . ومن المعروف أن جرعة مكونة من رونتجن واحد تحدث ما يقرب من 2×10^{11} زوج من الأيونات في مليلتر (أي سنتيمتر مكعب) من الماء ، إذن تحدث 42×10^6 رونتجن في الملليتر 10^{11} زوج من الأيونات . ولما كان الملليتر من الماء يحوي 10^{24} ذرة تقريبا ، فهذا يعني أن نسبة الذرات التي تصبح مؤينة هو $10^{11} \div 10^{24} = 10^{-13}$ (أو ١ من ألف) . على أن دولبرك أحجم من قبيل الحيلة على الاستنتاج بأن المورث يتكون من الأرجح من ألف ذرة .

(*) ثابت بولتزمان ، T درجة الحرارة المطلقة ، المقدار kT هو كمية الطاقة المتوافرة في درجة الحرارة T .

(**) gametes وهي الخلايا الجنسية الذكرية والخلايا الأنثوية الجنسية (الحيوانات المنوية القادرة على التلقيح عند الذكر ، والبويضات المهية للتلقيح عند الأنثى) .

ثم أتى شرودنجر ليستخدم نتيجة دلبروك ويشير إلى «أن هناك حظاً وافراً من توليد طفرة عندما يحدث تأين على بعد نحو ١٠ ذرات عن بقعة بعينها من الصبغي». على أنه في الوقت الذي كان فيه شرودنجر يؤلف كتابه نُشر بحث أثبت أن مثل هذه الحسابات ليس لها معنى . وفي مقالة ظهرت في مجلة نيتشر Nature في شهر يوليو ١٩٤٤ أشار جوزيف فايس Weiss إلى أن الأثار البيولوجية للإشعاع المؤين ، تحدث أساساً نتيجة لتوليد جذور الهيدروكسيل وذرات الهيدروجين في الماء المحيط^(١١) . وبعدئذ اكتشف كولنسون Collinson و دنتون Dainton وسميث Smith وتازوك^(١٢) Tazuke ، وبعزل عنهم شابسكي Czapski وشفارتز^(١٣) Schwartz ، أن ذرات الهيدروجين المفترضة كانت في الواقع إلكترونات مهيئة^(١٣) (متحدة من الماء) Hydrated electrons : علماً أن أيونات الهيدروكسيل عمر نصفها ١ ملي ثانية (مع افتراض تركيز ١ ميكرو مول H_2O_2) والإلكترونات المهيئة نصف عمرها ٥ ، ملي ثانية . ويمكن في هذين الزمنين أن تنتشر هذه الأيونات إلى أهدافها حتى لو كانت قد تولدت على بعد يزيد على ألف قطر ذري عن هذه الأهداف .

وقد خلص دلبروك من ذلك إلى أنه من السابق لأوانه وصف المورث بوصف أكثر محسوسة مما يلي :

ندع باب التساؤل مفتوحاً : حول ما إذا كان المورث المفرد كائناً بوليميرياً يتبع من تكرار بنى ذرية متطابقة ، أم أن هذا التكرار الدوري لا وجود له ، وهل المورثات الفردية هي تجمعات ذرية منعزلة ، أم أنها أقسام مستقلة ذاتياً إلى حد بعيد من بنية كبيرة ، أعني هل يحوي الصبغي صفات من المورثات المنفصلة الشبيهة بعقد من اللؤلؤ أم أنه متصل Continuum فيزيائي كيميائي .

ولقد وجدت أن لمقالة تيمو فييف وزيمر ودلبروك ، ولا سيما قسم هذا الأخير ، أثراً كبيراً في النفس . فقد كان دلبروك فيزيائياً نظرياً أثارت اهتمامه بالبيولوجيا محاضرة نيلز بور «الضوء والحياة» التي ألقاها في كوبنهاغن عام ١٩٣٢ . فقد قال بور في محاضراته تلك :

يجب أن ننظر إلى وجود الحياة نظرتنا إلى واقع أولي لا يمكن تفسيره ، وإنما يجب اتخاذها نقطة بداية في البيولوجيا ، أي مثلما هي الحال في كمو

الفعل الذي يبدو من وجهة نظر الميكانيك التقليدي في الفيزياء ، عنصر غير معقول ، ويكون ، مع وجود الجسيمات الأولية ، أساس الفيزياء الذرية . وعلى الأرجح فإن وجود تفسير فيزيائي أو كيميائي للوظيفة التي تنفرد بها الحياة . . . مماثل من حيث استحالة المؤكدة لعدم كفاية التحليل الميكانيكي لفهم استقرار الذرات^(*) .

وقد ألهم البحث عن هذا الواقع الأولي الذي ذكره بور خيال دلبروك ، وكان حينذاك في التاسعة والعشرين من عمره فقط ويعمل مساعدا لكل من أوتو هان وليز ميتر ، في معهد القيصر ولهمل للكيمياء في برلين ويتابع بحثه البيولوجي كهواية جانبية . ولكن مقالته أظهرت نضجا ومحاكمة واسعة في التفكير لا توجد إلا عند من عمل في مجال البيولوجيا لسنوات . وكانت مقالته واسعة الخيال ورزينة ، وقد صمدت تنبؤاتها المصوغة بكل عناية أمام اختبار الزمن . وقد ألهته مقالته لكسب منحة إلى باسادينيا (كاليفورنيا) مولة من مؤسسة روكفلر لكي يعمل مع مورجان T. H. Morgan (العالم في موراثات ذبابة الفاكهة) . وهناك التقى باولينج Linus Pauling ونشر معه مقالة مهمة في عام ١٩٤٠ . وكانت هذه المقالة هجوما على النظري الألماني جوردان Pascual Jordan الذي طرح فكرة أن هناك تفاعلا كموميا يؤدي إلى الاستقرار ، ويتم عمله في الدرجة الأولى بين الجزئيات المتماثلة ، أو التي تكاد تكون متماثلة ، وهو مهم في العمليات البيولوجية ، كتكاثر الموراثات مثلا . وقد أشار باولينج ودلبروك إلى أن التفاعلات بين الجزئيات كانت إلى حد ما مفهومة فهما جيدا ، وتوفر الاستقرار لجزئين لهما بنيتان متكاملتان^(**) في حال وضع أحدهما بجانب الآخر ، بدلا من جزئين لهما بالضرورة بنيتان متماثلتان . ويجب أن تعطى التكاملية الاعتبار الأول في مناقشة التجاذب النوعي بين جزئين واصطناعهما للإتزيما^(١٥) . وفي عام ١٩٣٧ تقدم هالدين (عالم البيوكيمياء والموراثات في كامبردج) باقتراح مماثل : «يمكن أن

(*) من المعلوم أن الفيزياء التقليدية عاجزة عن تفسير استقرار الذرات ، لأن الإلكترونات ، حسب القوانين التقليدية ، تشع في أثناء دوراتها حول النواة في الذرة مما يؤدي إلى فقدانها طاقتها وسقوطها في النواة . لكن الميكانيك الكمومي تغلب على هذه الصعوبة .

complementary (**)

نتصور سيروورة (نسخ المورث) بطريقة مماثلة لنسخ التسجيل على أسطوانات الحاكي بواسطة نسخة سلبية ، ربما ترتبط بالأصلية ارتباطا مضادا للجسم^(*) بالمستضد^{(**)(١٦)} . ولكن شرودنجر لم يذكر أيا من هذه الأفكار المهمة .

ويحوي الفصلان الأخيران من كتاب شرودنجر أفكاره الخاصة حول طبيعة الحياة . فهو يجادل في فصل «النظام والفوضى والأنطورية»^(***) ، بأن «المتعضية الحية تبدو منظومة ماكروية يقرب سلوكها في بعضه من السلوك الميكانيكي الصرف (بصفته سلوكا يتعارض مع السلوك الترموديناميكي) ، الذي تسعى إليه كل المنظومات كلما اقتربت درجة الحرارة من الصفر المطلق وزالت عنها الفوضى الجزيئية» . وقد توصل إلى هذا الاستنتاج الغريب على أساس أن المنظومات الحية لا تصل إلى التوازن الترموديناميكي الذي يُعرف بأنه الحالة التي تبلغ فيها الأنطورية أقصاها . إذ تتجنب المنظومات الحية هذا المصير بأن تغدئ ، تبعا لشرودنجر ، بالأنطورية السالبة . ويراودني ظن في أن شرودنجر قد حصل على هذه الفكرة على وجه الخصوص من محاضرة بولتزمان حول قانون الترموديناميك الثاني ، أمام أكاديمية العلوم الإمبراطورية النمساوية في عام ١٨٨٦ :

فمعركة الوجود العامة التي تخوضها المتعضيات الحية إذن ، ليست معركة في سبيل المواد الأساسية - إذ إن هذه المواد متوافرة بغزارة في الهواء والماء وعلى الأرض - وليست أيضا في سبيل الطاقة التي يحوي كل جسم منها مقدارا وافرا ، وإن في صورة غير متاحة للأسف ، بل في سبيل الأنطورية التي تصبح متاحة بانتقال الطاقة من الشمس الحارة إلى الأرض الباردة^(١٧) .

antibody (*)

antigen (**)

(***) الأنطورية (الأنترورية) Entropy في حالة منظومة من الذرات ، هي لوغاريتم نسبة احتمال الحالة التي ستصير إليها المنظومة إلى احتمال حالة سابقة لها . ولما كان من الطبيعي أن تسعى حالة المنظومة إلى الحالة الأكثر احتمالا (وعندها تكون نسبة الاحتمالين أكبر من الواحد ولو غاريتها موجب) ، وكانت الحالة أكثر احتمالا هي الفوضى دائما (تقريبا) لذلك تكون الأنطورية موجبة بشكل عام ، أما إذا انتقلت المنظومة إلى الحالة الأقل احتمالا وهي التنظيم تكون الأنطورية سالبة ، وهذه تميز الكائنات الحية .

ولقد لفت فرانز سيمون Franz Simon (وكان حيثثذ في جامعة أو كسفورد) نظر شروندنجر إلى أننا لا نعيش على (TAS) ^(*) وحدها بل نعيش أيضا على الطاقة الحرة ^(**) ^(١٨). وقد بحث شروندنجر هذا الاعتراض في الطبعة الثانية من كتابه ، فكتب يقول إنه كان قد أدرك أهمية الطاقة الحرة ، ولكنه رأى أنها تعبير صعب على القارئ العادي . وهذه حجة تبذولي غريبة ، لأن معنى الأنطروبية هو بالتأكيد أصعب على الفهم . ولم يقتنع سيمون بتعقيب شروندنجر فلفت نظره في رسالة وجهها إليه يقول فيها : «إن ردود أفعال الجسم الحي معكوسة جزئيا فحسب ، وكتيجة لذلك فإن الحرارة تنشأ عن القسم الذي كان علينا أن نتخلص منه إلى الأشياء المجاورة . وتجري أيضا مع هذه الحرارة المولدة بصورة لا معكوسة كميات صغيرة (موجبة أو سالبة) من الحرارة المولدة توليدا معكوسا (TAS) ، ولكنها كميات لا أهمية لها ، لذا لا يمكن أن يكون لها تأثيرات مهمة في السيوررات الحياتية التي عزوتها لها» ^(١٩) .

وفي الواقع ، كان من المعروف عندما ألف شروندنجر كتابه أن وسيلة تداول الطاقة الكيميائية الأولية هي ATP (الأدينوزين الثلاثي الفوسفات) ^(***) ، وأن الطاقة الحرة المخزنة في ATP هي أنطالبية ^(****) في الغالب . ولكن بريجوجين Prigogine لا يوافق على اعتراضنا أننا وسيمون ، وشرح وجهة نظره بأن المتعضيات تحرر في وضعها الاستقراري أنطروبية موجبة بقدر ما

(*) تمثل هذه العبارة طاقة سالبة ، أي طاقة مكتسبة منظمه في الجسم وليست مبددة ، إذن S هو تغير أنطروبية الجملة بين حالتين ترموديناميكيتين في درجة الحرارة المطلقة T . ويعبر المقدار TAS عن تغير الطاقة الداخلية لهذه الجملة (مع بقاء حجمها ثابتا) وهي تساوي كمية الحرارة في حالة التحول العكوس .

(**) تغير الطاقة الحرة لجملة ما نتيجة تحول ترموديناميكي هو العمل الأعظمي الذي ينتجه هذا التحول في درجة حرارة ثابتة .

(***) Adenosine Triphosphate ومهمته تزويد الخلية بالطاقة سواء أكانت طاقة كهربائية أو كيميائية أو آلية ، يتحول بعدها إلى أدينوزين ثنائي الفوسفات . ثم يعود فيستعيد قدرته الطاقية على نقل الإلكترونات من احتراق السكر ليخترننها ليصبح من جديد أدينوزين ثلاثي الفوسفات (والأدينوزين هو حمض أميني) .

(****) enthalpic أي أن محتواها حراري .

تكتسب من أنطروبية سالبة . وقد وجدت أن هذه الحجة يصعب الأخذ بها ، لأن النباتات لا تكتسب طاقة حرة إلا على صورة إشعاع تستخدمه في تكوين النظام من اللانظام ، أو بعبارة أخرى تحول الأنطالبية (أو المحتوى الحراري) إلى أنطروبية سالبة (أي طاقة مكتسبة منظمّة) .

ولا يتضمن الفصل الأخير «هل بنيت الحياة بالاعتماد على قوانين الفيزياء» ، سوى تكرار وتشديد على الحجة المركزية التي ساقها في بداية الكتاب . وقد كتب شرودنجر أن المورث (الجين) ، تبعا لدلبروك ، هو جزيء ، ولكن طاقة الارتباط في الجزيئات هي من مرتبة طاقة الارتباط بين الذرات في الأجسام الصلبة ، كما هي الحال مثلا في البلورات ، حيث يتكرر النموذج نفسه دوريا في ثلاثة أبعاد ، وحيث يوجد استمرار في الروابط الكيميائية تمتد على مسافات كبيرة . وقد قاده ذلك إلى فرضيته الشهيرة بأن المورث هو بلورة خطية ذات بعد واحد ، ما عدا أنها تقتصر إلى التكرار الدوري : أي أنها بلورة لا دورية . إن بلورة واحدة من هذه أزوجا منها توجه سيرورة الحياة المنظمة ، مع أن سلوكها وفقا لقوانين بولتزمان يجب أن يكون شاذا غريبا بصورة لا يمكن توقعها . فخلص شرودنجر من ذلك إلى «أننا أمام آلية مختلفة كل الاختلاف عن الآلية الاحتمالية في الفيزياء ، أي آلية لا يمكن إرجاعها إلى قوانين الفيزياء النظامية (العادية) ، ولكن ليس على أساس أن هناك قوة جديدة توجه سلوك الذرات الفردية داخل المتعضية ، بل لأن بناءها مختلف عن أي بناء سبق أن اختبر وجرب في مختبر الفيزياء» .

إنني أتساءل : لماذا لم يتلزم شرودنجر بصياغة دلبروك الأفضل بكثير والقاتلة إن المورث «كيان بوليميري ينجم عن تكرار بنى ذرية متماثلة» . وهنا يمكن للمرء أن يجادل حول التمييز بين اللادوري والمتماثل ، ولكن لا يمكن أن يكون دلبروك قد قصد البنى المتماثلة كليا ، لأن هذه لا يمكن أن تحتوي على معلومة . وقد اقترح شرودنجر بأن المعلومة الوراثية يمكن أن تكون على شكل كود(*) خطي شبيه بكود مورس .

(*) تعريب لـ Code ويقال أيضا راموز ، وهو يختلف وضوحا عن الشفرة cipher التي يراد منها التعمية .

وقد حاول شرودنجر أن يبين أن طبيعة المورث تضعنا أمام استنتاج عام وحيد ، وهو أن «المادة الحية ، على الرغم من أنها لا تفلت من قوانين الفيزياء كما عرفت حتى هذا التاريخ ، إلا أنها على الأرجح تسخر قوانين فيزيائية أخرى لا تزال حتى اليوم غير معروفة . وهذه القوانين مع ذلك ما إن يكشف النقاب عنها ، حتى تُشكل جزءاً متمماً لهذا العلم مثله مثل القوانين السابقة» . وهكذا انساق شرودنجر إلى النتيجة نفسها التي كان نيلز بور قد توصل إليها قبل ذلك باثني عشر عاماً ، ولم يكن شرودنجر يدري بها على ما يبدو ، وهي نتيجة وجد الفيزيائيون الشبان أنها موحية أيضاً .

وقد استند شرودنجر بعدئذ إلى مقالة كتبها ماكس بلانك : «القوانين الديناميكية والإحصائية» . فالقوانين الديناميكية تتحكم في حوادث على صعيد واسع كحركات الكواكب أو الساعات . وتعمل آليات الساعة أو غيرها ديناميكياً لأنها مصنوعة من أجسام صلبة تحافظ على شكلها ، نتيجة لقوى لندن - هيتلر London - Heitler ، وتكفي قوتها لأن تتجنب ذراتها الانفلات بعضها عن بعض في الحركات الحرارية الفوضوية في درجات الحرارة العادية . وكذلك المتعضية ، فهي تشبه آلية الساعة في أنها قائمة على جسم صلب : إذ إن البلورة اللادورية المكونة للمادة الوراثية ، معزولة عن الحركة الفوضوية . ولا غرو فكل سن من أسنان الدولاب في هذه الآلية ليس من صناعة الإنسان الغر ، بل هو أكثر القطع التي تم إنجازها وفق الميكانيك الكومومي الإلهي رهاقة وإتقاناً . وقد أشار دارلنجتون (من جامعة أوكسفورد) على شرودنجر بأن المورثات هي على الأرجح جزيئات بروتين كما كان الاعتقاد الشائع . وقد استشهد شرودنجر بهذه المعلومة ، ولكنه لم يذكر أن البروتينات هي بوليميرات طويلة السلسلة ، مكونة مما يقرب من عشرين رابطة مختلفة يمكنها أن تكون تلك الأنماط اللادورية أو الكود (Code) الخطي كانت في ذهنه . ولابد أنه لم يكن مطلعاً على أن الطبيعة الكيميائية الحقيقية لهذه «القطعة الأكثر دقة ورهاقة» (أي الصبغي) كانت قد نُشرت في الوقت الذي كان يكتب فيه كتابه . ففي يونيو عام ١٩٤٤ ظهرت في مجلة الطب التجريبي (Journal of Experimental Medicine) مقالة كتبها أفيري O. T. Avery وآخرون ، وقد أعطوا فيها دليلاً قاطعاً على أن المورثات ليست

مكونة من بروتينات بل من الدنا DNA^(*) . فأدى هذا الاكتشاف ، الذي جاء في حينه تماما ، إلى اعتراف معظم العلماء بأن الحياة يمكن تفسيرها على أساس قوانين الفيزياء المعروفة .

فالتناقضات الظاهرية بين الحياة وقوانين الفيزياء الإحصائية يمكن حلها بالاستعانة بعلم كان شرودنجر يجهل كثيرا من تطورات . وهذا العلم هو الكيمياء . وعندما كتب شرودنجر «إن مجرى الحوادث المنتظم (المطرّد) الذي تحكمه قوانين الفيزياء ، ليس أبدا نتيجة لتشكل الذرات تشكلا واحدا حسن التنظيم إلا إذا أعاد هذا التشكل نفسه عدة مرات» ، فقد فاته أن يتحقق أن هذه بالتحديد هي الطريقة التي تعمل بها الحفارات الكيميائية . فحين يكون لدينا مصدر للطاقة الحرة ، عندئذ يمكن أن يؤدي تشكل الذرات تشكلا حسن التنظيم ، في جزيء وحيد لحفاز أنزيمي ، إلى تكوين مركب منظم تنظيما نوعي الفراغية^(*) بمعدل ٢١٠ إلى ١٠ جزيء في الثانية ، مكونا بذلك نظاما من الفوضى هو في نهاية الأمر على حساب الطاقة الشمسية . وقد سبق لهاالدين أن أشار إلى هذه النقطة في عام ١٩٤٥ في مراجعته لكتاب شرودنجر .

ولعل الكيميائيين أيضا قد أخبروا شرودنجر بأنه ليس ثمة مشكلة في شرح استقرار البوليميرات التي تتكون منها المادة الحية ، لأن طاقتها الارتباطية التي لا تقل عن ثلاثة إلكترون فلط تقابل عمر نصف لكل رابطة لا تقل عن ٢٠١٠ سنة في درجة الحرارة العادية . ولكن الصعوبة تكمن في تفسير : كيف أن نماذجها اللادورية تنسخ بدقة في كل جيل . وهذا ما لم يذكره شرودنجر في كتابه .

وقد وضحت الأبحاث إلى حد بعيد ذلك التناقض الظاهري بين عشوائية^(**) الحوادث المتعلقة بالجزيء الفرد ونظامية^(***) الحياة التي أقلقّت ذهن شرودنجر . فهذه النظامية (التي عناها) تتعلق بأمانة نسخ الرسالة الوراثية

(*) stereospecific : ذو نظام نوعي أو محدد لترتيب جزيئاته في الفراغ (الفضاء) .

(**) randomness

(***) orderliness

في كل مرة تنقسم فيها الخلية ، وفي أمانة اصطناع البروتين . والرسالة الوراثية مكدودة(*) في تعاقب من الأسس النوكليوتيدية(**) على طول سلسلة من الدنا . ويقتصر بهذه السلسلة سلسلة أخرى تحمل تعاقبا متما من الأسس . والسلسلتان تلتف إحداها على الأخرى في شكل لولب مضاعف (كالسلم اللولبي) يشكل فيها كل أدنين (A) رابطتين هيدروجينيتين مع الثيمين (T) ، وكل غوانين (G) يكون ثلاث روابط هيدروجينية مع السيتيدين (C) . وعند انقسام الخلية تنفصل جديلتا (أي سلسلتا) اللولب المضاعف الأم ، وتكون كل واحدة منهما عارضة (أو جدلية) لتكوين جديلة جديدة متممة ، ليصبح عنهما لولبان مضاعفان ابنان لهما تعاقب الأسس نفسه الذي للولب المضاعف الأب . ويتم التزود بما يلزم عن المونوميرات البسيطة في صورة نوكلبيوزيد ثلاثي الفوسفات ، ويحمل هذا الأخير الطاقة بشكل رابطة فوسفورية - أكسجينية غنية بالطاقة لكي يكون بها السلسلة المتنامية . ويقوم بمهمة تركيب روابط السلسلة الجديدة حفار كيميائي مكون من أنزيم أو من مجموعة أنزيمات تربط نفسها بطرف اللولب المزدوج وتحمله ، وتثبت كل جديلة أم تثبتا جيدا في التشكيل الملائم للقيام بمهمة الحفار إلى تشكيل رابطة جديدة في السلسلة ، ثم تقسم الأنزيمات بخطوة إلى الأسام ، إذ تحفز إلى تكوين الرابطة التالية وهكذا . . وقد فصل آرثر كورنبرج Arthur Korenberg وزملاؤه في جامعة ستانفورد ، كيفية قيام هذه الأنزيمات بوظيفتها في العصيات المعوية(٢٢) .

ولكن كيف يؤكدون أن النوكليوتيد المتمم (ذا الأساس تيمين مثلا) للنوكليوتيد الموجود على الجديلة الأم (ذي الأساس أدنين) هو وحده الذي ارتبط ، في كل مرحلة من مراحل الامتداد ، بالجديلة البنت؟ إن الحركات

encoded (**)

(**) يتكون اللولب الصبغي من جديلتين تتالي في كل منهما جزيئات سكر وحمض فسفوري على التناوب ، وترتبط الجديلتان بروابط مكونة من الأسس (أدنين ، ثيمين) و(غوانين ، سيتودين) . وكل حلقة في هذه السلسلة مكونة من حمض فسفوري + سكر + أساس تسمى نوكلبيوتيد ؛ وكل حلقة مكونة من سكر + أساس فقط تسمى نوكلبيوزيد ، فكل جديلة من جديلاتي اللولب هي سلسلة حلقاتها نوكلبيوتيدات متعاقبة .

الكيميائية^(٩٥) من جهة نبشنا بأن النوكليوتيدات الثلاثية المحتملة الأربعة ، يجب أن تقوم بقصف الموضع الفعال من الأنزيم بمعدل يقرّب من ١٠^٩ جزئي في الثانية . ثم إن معدلات انفكاكها عن الموضع الفعال تتغير من جهة ثانية ، متوقفة على قابليتها لتكوين روابط هيدروجينية متتامة مع أساس الجديلة الأم ، ولن يبقى النوكليوتيد الجديد في الموضع الفعال مدة طويلة بما يكفي لتكوين رابطة سلسلة جديدة ، إلا إذا كان النوكليوتيد الثلاثي الفوسفات الوارد موجهًا توجيهًا صحيحًا في الموضع الفعال من الأنزيم إذا كانت الفئات الهيدروجينية الرابطة لأساسه متممة للفئات الهيدروجينية الرابطة للأساس الأم .

إذن ، كما تنبأ دلبروك ، ليس صحيحًا أن انقسام الروابط التشاركية في الجديلة الأم هو المصدر الرئيسي للطفرات التلقائية . وكان أول مصدر تبادر إلى الذهن هو وجود أشكال تكرارية الأجزاء tautomeric للأحماض ، تختلف في ترتيبها عن ترتيب فئات الرابطة الهيدروجينية المانحة والمستقبلة . ففتح هذه التغيرات للغوانين G أن يقترن مع التيمين T (بدلاً من السيتدين C) ، أو للسيتدين C أن يقترن بالأدينين A (بدلاً من الغوانين) . ولكن هذا الاقتران الخطأ قد يحدث بآلية أخرى وباستهلاك طاقة أقل ظاهرياً . فقد بين التحليل بالأشعة السينية لعدد قليل من النوكليوتيدات التركيبية بأن الأسس المقترنة خطأً يمكن أن تشكل روابط هيدروجينية بين كل أساس وآخر ، وأن تكون متضمنة في اللولب المزدوج مع وجود التواء خفيف فحسب في زوايا الرابطة في سلسلة الأملاح الفوسفورية . وأخيراً يمكن للزوج غوانين - أدينين G-A أن يتشكل أيضاً (مع التواء بسيط فحسب في اللولب المزدوج) إذا انقلب كل من الأساسين حول رابطته مع الريبوز (السكر)^(٩٦) . وقد تبين أنه لو حكمنا على الأمر من تواتر هذه الأخطاء ، لوجدنا أن معدل الخطأ في نسخ الرسالة الوراثية يجب أن يتراوح ما بين ١٠^{-٤} و ١٠^{-٥} في تشكل كل نوكليوتيد . ولكن الواقع أن معدل الخطأ الذي قيس في العصيات المعوية يتراوح ما بين ١٠^{-٨} و ١٠^{-١١} أي أدنى في مقداره بثلاث مراتب على الأقل من التوقع النظري .

كيف تخرق الطبيعة الترموديناميك الإحصائي؟ إن إحدى حيلها في ذلك هي آلية تشبه آلية تصحيح تجارب الطبع والتحرير . وكان أول من كشف عنها كورنبرج Kornberg وآخرون في ستانفورد ثم لاحقاً فيرشت Fresht^(٢٤) وزملاؤه ، في ستانفورد أولاً وفي إمبيريال كوليدج بجامعة لندن بعد ذلك . وكما يبدو فإن أول ما درُست كان في العصيات المعوية . فعند اتصال زوج الأسس تحديداً باللولب المزدوج الابن ، يقوم الأثرزم الذي يحفز تمديد الدنا ، مباشرة بمهمة ثانية ، وهي أنه يستأصل الأسس المتزاوجة خطأ ثم يدمج الأزواج الصحيحة . ولكن تصحيح تجارب الطبع والتحرير معرض أيضاً للأخطاء التي تفرضها الحركيات الكيميائية ، مما يؤدي إلى أن واحدة من أصل ألف مرة مثلاً ، يستأصل فيها الأساس الصحيح . وعندئذ لابد من إعادة دمجها في السلسلة المتنامية . وهذا ما يكلف طاقة . فإذا كان تصحيح التجربة متقناً جداً ، فعندئذ يتبدد كثير من الطاقة في استئصال الأسس المقترنة بشكل صحيح وإعادة دمجها ، أما إذا لم يكن متقناً بما يكفي ، عندئذ يترك العديد جداً من الأخطاء في النسخ غير مصححة .

وكان فيرشت قد قاس كلفة الأمانة^(*) باستخدام الجراثيم الطافرة التي هي إما شديدة النزعة للخطأ أو الخالية من الخطأ ، وقد بين كيف تنجز الطبيعة أفضل تسوية بزيادة الأمانة بمقدار مرتبتين إلى ما يقرب من $10^5 \times 10^{-1}$. ولكن هذا مازال غير كاف لتفسير تواتر الطفرات الملاحظ ، الذي قدر فقط بما بين 10^{-10} إلى 10^{-11} في نسخ العصيات المعوية^(٢٥) . وقد اكتشف جليكمان Glickman ورادمان Radman آلية تصحيح ثانية للتجارب يمكن أن تميز الجديلة الأم من الجديلة البنت ، وذلك بفضل حقيقة أن بعض أسس الجديلة الأم أصبحت مُمَثَّلَةً^(**) ، في حين أن أسس الجديلة البنت مازالت عارية . وعندما تجد آلية تصحيح التجارب أساساً مقترناً بقرين في الجديلة البنت ، تستأصله وتستبدل به الأساس الصحيح . وهذا يقلل من معدل الخطأ بزوال مرتبة أو مرتبتين من مقداره^(٢٦) . وقد وجد أن معدل الخطأ

(*) fidelity : المطابقة للأصل .

(**) methylated .

الناج من أنزيم قادر على إصلاح خطأ الأزواج في الرنا الفيروسي هو تقريباً ١٠^{-٤} في كل تضاعف ، وهذا معدل مرتفع فعلاً ، وارتفاعه غير مقبول حتى بالنسبة لجراثيم (٢٧) .

إن مهمة الرسالة الوراثية هي التأكيد لتعاقب الحموض الأمينية على طول سلاسل البروتينات^(*) ، لكن الدنا لا يكوّن للبروتينات نفسها مباشرة . وبدلاً من ذلك ، تبلغ الرسالة الوراثية أولاً للرنا الرسول ثم تترجم إلى تعاقب من الحموض الأمينية في سلسلة البروتين المطلوب . فإذا كانت الأنزيمات مهية للعمل بفعالية ، فعندئذ يجب ألا يتواتر الخطأ في التعاقب ، إذ لا وجود للتصحیح في تجربة النقل من الدنا إلى الرنا كما لا وجود لاستتصال إصلاحی ، وربما يرد ذلك إلى أنه من النادر أن يكون عدد أزواج الأسس في الرنا الرسول أكثر من ١٠^٤ ، لذا كان وجود معدلات خطأ فيها أكبر مما هو في نسخ الدنا أمراً مقبولاً . على أن ترجمة الرنا إلى بروتين تطرح مسائل كان أول من أشار إليها لينوس باولينج ، والبارز في الأمر أنه أشار إليها قبل أن يكشف النقاب عن الآلية الأنزيمية في اصطناع البروتين^(٢٨) . فقد تبين عندئذ أن بعض أزواج الحموض الأمينية تختلف عن بعضها الآخر بزمرة متيل^(**) واحدة فقط .

من السهل علينا تصور موضع فعال في أحد الأنزيمات ، يرفض بكفاءة حمضاً أمينياً ليس مناسباً له لأنه أكبر مما يلزم بمقدار زمرة متيل واحدة ؛ ولكن من الصعب أن نرى كيف يمكن لموضع فعال أن يرفض حمضاً أمينياً لجرد أنه سيترك فراغاً (أو ثقباً) بسبب قصره عما يلزم بزمرة متيل واحدة . إن النسبة بين معدلي رد فعل حمضين أمينين A و B تختلف سلسلتاهما الجانبيتان بطول زمرة متيل واحدة ، وأحدهما يناسب الموضع الفعال بإحكام والآخر أقصر منه ، تُعطى بالمعادلة التالية التي رمزنا فيها المعدلي رد الفعل بالجذر

(*) نذكر القارئ هنا بأن البروتين هو سلسلة من الحموض الأمينية ، ولا يوجد في الطبيعة سوى عشرين حمضاً أمينياً ، وهذه الحموض هي الأحرف الأولى التي تكون منها البروتينات . فكل بروتين يختلف عن الآخر إما باختلاف بعض حموضه وإما بطريقة تسلسلها (أو بالاثنتين معاً) .
(**) methyl group .

التريبي لـ VA والجذر التريبي لـ B بالمعادلة :

$$V_A/V_B = \frac{[A]}{[B]} e^{-\Delta a_{\text{HET}}}$$

حيث ΔG_b هو فرق طاقة جيبس الارتباطية (*) الناجمة عن إسهام السلسلة الجانبية . وليس من المرجح أن يتجاوز هذا الفرق ٣ كيلو حرية بالمول الواحد . وإذا كان $[A] = [B]$ فهذا يعني أن الجذر التريبي لـ B أصغر من ٢٠٠ ، ويؤدي إلى معدل خطأ أكبر من ٥ ، ٠ في المئة (٢٩) . ومع ذلك ، حين حاول Loftfield وفاندرججت Vanderjagt قياس معدل الخطأ في مثل هذا الوضع ، وجدوا أنه ثلاثة أجزاء فقط من أصل ١٠ آلاف . واستنتجوا أن الدقة في تجمع بيتيدي Peptide كبيرة جداً بل أكبر بكثير مما يمكن استنتاجه من دراسة التفاعلات الكيميائية غير البيولوجية (٣٠) .

لقد بين فيرشت كيف أن معدل الخطأ المنخفض هذا قد تحقق من دون أن يغصب بولتزمان في قبره (٣١)(**) . فالطبيعة تستفيد من حقيقة أن اصطفااء الحمض الأميني الصحيح في سلسلة البروتين المتنامية تسير في مرحلتين . والمرحلتان كلتاهما يحفزهما الأنزيم نفسه . ففي المرحلة الأولى يقترن الحمض الأميني بالفوسفات ليعطيه رابطة غنية بالطاقة . وفي المرحلة الثانية يصار به إلى مؤهل ، وهو جزئي من الرنا يحمل ثلاثية من الأسس النوكلويدية ذات تكويد مقابل Anticodon مكمل للثلاثية المكودة لهذا الحمض الأميني الخاص . ففي المرحلة الأولى من التفاعل يرفض الأنزيم الحموض الأمينية التي تكون سلاسلها الجانبية غير ملائمة في الموضع الفعال لأنها أطول من اللازم ، ولكنه يتفاعل مع الحموض الأمينية التي سلاسلها الجانبية أقصر من اللازم بمعدلات الخطأ الكبيرة التي تنبأ بها بولينج . وتتم المرحلة الأخرى من التفاعل عند موضع فعال مختلف من الأنزيم نفسه .

(*) Gibbs binding energy .

(**) من دون أن يكون هناك تناقض مع النظرية الحركية للغازات وعشوائية حركة المرات التي ظل بولتزمان يبالغ عنها طوال حياته .

فهذا الأنزيم مبني بحيث يفسح مجالا للحموض الأمينية التي كانت قصيرة جدا بالنسبة للموضع الفعال السابق . وهو يفصلها عن الرنا المؤهل ويحررها بسرعة أكثر بمئات المرات من الحمض الأميني الصحيح . فهذه المرحلة الثانية يمكن أن تخفض مقدار الخطأ بمرتين ، وتعطي بذلك معدل خطأ كلي قدره ١٠^{-١} فقط . وقد دعا فيرشت هذه الطريقة آلية الغريال المزدوج : فالغريال الأول يرفض الحموض الأمينية الأكبر من اللازم ، والغريال الآخر يرفض الحموض الأمينية الأصغر من اللازم^(*) . ثم تأتي مرحلة إضافية من الإصلاح والجمع لتعمل على تخفيض الأخطاء المحتملة عند التعرف بواسطة الثلاثية المكودة على الرنا الرسول للثلاثية ذات التوكيد المقابل الموجودة على الرنا المؤهل ، وهذا ما يضمن انضواء الحمض الأميني الصحيح في سلسلة البروتين المتنامية^(٢٢) .

وهكذا أصبح باستطاعتنا أن نرى كيف حلت الحياة مشكلة التعارض الظاهر بين سلوك الجزيئات الفردية الذي لا يمكن توقعه من جهة ، والحاجة إلى النظام من جهة ثانية : فقد صنعت أنزيمات تكفي وساعتها لأن تجعل الجزيئات تستقر في بنى وحيدة وتكون قادرة على تثبيت جزيئات أخرى في مواضعها الفعالة ، وتحملها على الانضمام بحيث يمكنها التفاعل بمعدلات عالية . ولكن الأنزيمات هي بوليمرات سلاسلها طويلة ، فما الذي يجعل سلاسلها ياترى تنطوي لتشكيل بنى وحيدة وشديدة التماسك ، في حين أن الأنطورية تدفعها إلى تشكيل لفافات عشوائية ؟ لقد أظهر التحليل بالأشعة السينية أن باطن البروتينات هو تراتيب معقدة من الحموض الأمينية المهزومة بشدة مع سلاسل جانبية من الفحوم الهيدروجينية التي تلحم كلا منها بالآخر . ويتم هذا الأمر بينها جزئيا بقوى التبعثر التي هي أنطالية^(**) ، وجزئيا بفضل الأنطورية التي تكتسبها بإبعاد الماء عن داخل البروتين . وعندما تبلغ السلسلة البروتينية أنطورية قصوى بانفلاتها إلى لفافة عشوائية ، تتعرض الزمر القطبية واللاقطبية للماء ، فيلتصق هذا الماء بها ويصبح عديم الحركة بحيث تهبط أنطوريته . وعندما تنطوي السلسلة في صورة بنيتها

(*) إذ يفصلها عن الرنا بسرعة كبيرة جدا .

(**) enthalpic أي أن محتواها حراري .

الوحيدة ، تشكل الزمر القطبية على السلسلة الرئيسية وروابط هيدروجينية بين إحداها والآخرى . فتتراص السلاسل الجانبية اللاقطبية بعضها مع بعض وتتحلل جزيئات الماء المكملة . ولكن الريح الناتج في أنطروبية الماء الانتقالية والدورانية هو أكثر من أن يعادل الخسارة في أنطروبية سلسلة البروتين الدورانية . وهكذا فإن نفور جزيئات الماء الفوضوي من الانضباط النظامي المفروض عليها من قبل سلسلة البروتين المنفلتة ، هو الذي يوفر القسم الأكبر من طاقة الاستقرار الحرة للسلسلة المطوية ويحافظ عليها في بنيتها الفريدة ذات الفعالية الإنزيمية .

أشعر بعد هذا أن عليّ ألا أنهي هذه القصة من دون أن أروي ما الذي حل بالعلماء الذين أشاع شروءهم مقالاتهم بين الناس .

فدلبروك الذي ساقته منحة روكفلر إلى باسادينا ، ظل فيها حتى آخر حياته باستثناء بعض الانقطاعات القصيرة . وفي بداية الأربعينيات أسس علم الوراثة للفيروسات من نوع آكلات الجراثيم Bacteriophages . ثم درس مع سلفادور لوريا Luria وراثيات الجراثيم . وقد أصبح رئيساً لفريق من الشبان المتحمسين الذين قاموا بتطوير هذين المجالين من الأبحاث . وفي عام ١٩٦٩ حاز مع لوريا وأ. د. هيرشي Hershey جائزة نوبل المخصصة للطب أو للفيزيولوجيا « لاكتشافاتهم المتعلقة بآلية الاستنساخ والبنية الوراثية في الفيروسات » . وقد توفي دلبروك في باسادينا في عام ١٩٨١ .

وفي حين كانت حياة دلبروك سعيدة ، كانت حياة تيموفيف مأساوية في نظري ، مع أنه لم يكن ينظر إلى حياته ، كما أخبرني بعضهم ، هذه النظرة . فقد بدأ أبحاثه على الدروزوفيللا (ذبابة الخلل) في موسكو في بداية العشرينيات . وتبعاً لجوروس ميدفيدف Medvedev فإن «الحكومية السوفييتية عقدت مع ألمانيا في عام ١٩٢٤ اتفاق تبادل خاصا ، يقدم بموجبه معهد القيصر ولهم لأبحاث الدماغ في «برلين - بوش» Berlin-Buch معونة للسوفييت لإقامة مختبر لأبحاث الدماغ في موسكو ، يوجه خصيصاً لدراسة دماغ لينين الذي توفي في حزيران ١٩٢٤ (و حين توفي ، كان لينين يعتبر أعظم عبقرية ، وكان يتوقع أن يكون دماغه فريداً من نوعه) (٣٣) .

وفي محاضرة ألقاها في مختبر موسكو الجديد قال أوسكار فوجت Vogt ، مدير معهد القيصر ولهم ، إنه وجد في عمق الطبقة الثالثة من قشرة دماغ لينين خلايا هرمية أكبر وأكثر عددا من كل ما كان قد شاهده من قبل ، فاعتبر أن هناك رابطة بين هذه الخلايا الهرمية وقوى لينين في الفكر الترابطي ، أي كما تعتبر قوة رافع الأثقال مرتبطة بعضلاته النامية بشدة^(٣٤) . ولاتأخذ أبحاث الدماغ الحديثة بهذه الاستنتاجات ، ولكنها أوحى في ذلك الزمان بكتابة مقالة حماسية شعبية في إحدى صحف برلين الكبيرة ، كتبها آرثر كوستلر Koestler ، الذي أصبح روائيا فيما بعد واعتنق العقيدة الشيوعية .

لقد وعدت أكاديمية العلوم السوفييتية أن تشيد مقابل خدمات فوجت مختبرا في معهد فوجت في برلين لدراسة علم الوراثة (الوراثيات) التجريبي . وكان فوجت يمتلك مجموعة ضخمة من النحل الطنان . إذ كان مقتنعا بأن مختلف أنواع النحل الطنان كانت قد ظهرت عن طريق وراثة الصفات المكتسبة التي قال بها لامارك ، لا عن طريق الطفرات والاصطفاء الطبيعي . وكان بحاجة إلى عالم في الوراثة ليبرهن على نظريته . ومن بين العلماء الشبان الذين نُصحوا ببدء العمل في برلين كان تيموفيف . فانتقل إلى ألمانيا في عام ١٩٢٦ وأسس مختبرا لدراسة الدروزوفيل (ذبابة الخل) في معهد فوجت . ولكنه لم يبرهن قط على أفكار فوجت اللاماركية ، بل أصبح بدلا من ذلك أحد رواد العالم في الوراثةيات الآخذين بنظرية مندل Mendel . ويصفه معاصروه بأنه عملاق جسمانيا وفكريا ، فقد كان لقبه في روسيا الخنزير البري .

وفي الثلاثينيات فكر تيموفيف بالعودة إلى روسيا ، ولكن أصدقاءه نصحوه بأنه لن يكون آمنا هناك لأن اضطهاد ستالين لعلماء الوراثة من أتباع مندل قد بدأ ، وكان إخوته الأصغر منه قد أوقفوا ، وأعدم أحدهم . وكان ابنه البالغ من العمر سبعة عشر عاما قد التحق في ألمانيا بزمرة العاملين سرا على مناهضة الفاشية ، فأمسكت به فرق الجيستابو واختفى . وبعد نهاية الحرب ، واحتلال الروس برلين ، نصحه بعض زملائه الألمان بالهروب إلى الغرب ، ولكنه أثار البقاء إلى جانب مجموعته الثمينة من الذباب . وفي شهر أغسطس ١٩٤٥ ، أوقف تيموفيف من قبل البوليس السري السوفييتي وحكم عليه

بالسجن عشر سنوات مع الأشغال الشاقة ، وأرسل إلى أحد معسكرات السجون في شمال كازخستان . وقد اشترك فيما بعد في إحدى زنانات السجن مع ألكسندر سولجنيتسين واثني عشرين معتقلا آخر في بيتيرسكي Bytysky . ويصف سولجنيتسين في كتابه «أرخبيل جولاج» كيف أن حماسة تيموفيف المفرطة للعلم جعلته ينظم ندوات علمية حتى في زنانيته . وقد اتخذ سولجنيتسين منه نموذا للعالم في روايته «الدائرة الأولى» .

وفي عام ١٩٤٧ كتب الفيزيائي فريدريك جوليو - كوري إلى بيريا ، رئيس البوليس السري الروسي ، ليلتمس ، بناء على طلب من أكاديمية العلوم الفرنسية ، إخلاء سبيل تيموفيف على أساس أنه عالم ذو شأن كبير وأنه يجب أن يُعطى فرصة للقيام بأبحاثه ، فأُنقذ حياته بعد أن كان قد شارف على الموت . ولكن بعد عدة شهور من تعافيه في أحد مستشفيات موسكو ، استعاد صحته بما يكفي لأن يقيم في أحد السجون السرية معهدا للأبحاث حول البيولوجيا الإشعاعية في شرق الأورال .

وكان الروس قبل ذلك ، وبالتحديد في شهر سبتمبر ١٩٤٥ ، قد أوقفوا كارل زيمر مع اثنين من زملائه وأودعوا في سجن لوبليانكا في موسكو للاستجواب . وبعد وقت قصير أرسلوا للعمل في مصنع للأورانيوم ليس بعيدا عن المدينة . وعندما أسس تيموفيف معده ، طلب أن يسمح لزيمر وزوجته وزملائه بأن يلتحقوا به هناك . وكان نظر تيموفيف قد ضعف نتيجة لسوء تغذيته ، فكانت زوجته تقرأ له النشرات العلمية . وبعد موت ستالين ، أُخلي سبيلهم من السجن ، ولكنهم استمروا بالعمل في سفيردولوفسك . ثم طلب إلى تيموفيف في عام ١٩٦٤ أن ينظم قسما لدراسة الوراثة والبيولوجيا الإشعاعية في المعهد الجديد المختص بعلم الأشعة في الطب بأوريننسك . وهناك التحق به ميدفيدف ، عالم الوراثة ومؤلف الكتاب الشهير «صعود نجم ليسنكو Lysenko وأفوله» . وكان ميدفيدف يصف تيموفيف بأنه رجل عظيم وعالم ألمعي ، وكان تمكنه من مجالات متعددة في علم الوراثة والبيولوجيا ، وديناميكياته وجاذبيته الشخصية ، يدفع المختبر بكامله للعمل . وقد أصبح بيتر كاييتسا Kapitsa صديقه الحميم .

وفي عام ١٩٧٠ أحيل تيموفيف إلى التقاعد بمرتبة هزيل جعله شبه معدم . وتوفي في عام ١٩٨١ ، أي في العام نفسه الذي توفي فيه صديقه دلبروك ، الذي أتى لزيارته في أوبينسك في العام نفسه بعد نيله جائزة نوبل ، ولكن لولا كتاب شروودنجر لكان اسم تيموفيف قد ظل غير معروف خارج دوائر علم الوراثة وبيولوجيا الإشعاع .

في عام ١٩٥٥ عاد زيمر إلى ألمانيا الغربية ، وأصبح أحد الأوائل الذين قدروا أهمية التجارب السينية الإلكترونية^(*) بالنسبة للبيولوجيا الإشعاعية ، وأوائل الذين برهنوا على أن الإشعاعات المؤينة تولد جذورا حرة في الجزيئات البيولوجية . وفي عام ١٩٥٧ عين أستاذا في هايدلبرج وأسندت إليه إدارة قسم جديد في البيولوجيا الإشعاعية بالمعهد المخصص للأبحاث النووية في كارلسروه . وهناك عمل على آثار الإشعاعات المؤينة في الدنا وفي جزيئات أخرى مهمة من الناحية البيولوجية ، فأصبح مختبره مركزا ناجحا لبيولوجيا الإشعاع التطبيقية والأساسية . وقد نشر كتابا حول هذا الموضوع^(٣٥) . وتوفي في كارلسروه عام ١٩٨٨ .

وما دمنا قد تحدثنا عن المهازل فلنختم حديثنا بواحدة ذات صلة . فلقد وجد هـ . تروت Traut عند عمله في مختبر زيمر أن الخط البياني المستقيم لتغير الاستجابة مع جرعة الإشعاع لم يكن واقعيا . فقد بين أن معدل الطفرات في خلايا بذرة ذبابة الخلل ، يتغير تغيرا كبيرا في مختلف المراحل من نموها . فإذا تعرضت الذكور للإشعاع ثم تزوجت مع إناث ، يتغير تكرار الطفرات بين الذرية مع الزمن الذي انقضى بين الحادتين ، لأن المنى الذي يخصب الأنثى بعد الإشعاع بخمسة أيام يكون في مرحلة من النمو عند التشيع أبكر من المنى الذي يخصب الأنثى بعد يوم واحد من التشيع^(**) . ولكن الخطوط البيانية في جميع المراحل بين الجرعة والاستجابة ليست مستقيمة . وقد برهن تروت على أن الخط البياني المستقيم للاستجابة ، المماثل

(*) electron spin resonance

(**) يجب أن نلاحظ هنا أن الإخصاب لا يتم إلا حين يكتمل نمو الحيوانات المنوية ، فالذبابات التي استطاعت التلقيح بعد يوم واحد كانت في مرحلة متقدمة من النمو عن تلك التي لقيحت بعد خمسة أيام .

لذلك الذي لاحظته تيموفيف ، يمكن الحصول عليه من جمع مختلف الخطوط البيانية (لتغير الاستجابة مع الجرعة) الناتجة عن التزويج خلال الأيام الأربعة الأولى من الإشعاع^(٣٦) .

وقد علق زيمر «إن هذه النتيجة تهدم أحد الأركان الأساسية في الكراسية الخضراء (وهو الاسم الذي أصبحت تعرف به مقالة تيموفيف وزيمر ودليبروك) . وإنه لأمر غريب فعلا ، فهذا البحث كما يبدو لم يعد له أهمية كبيرة ، وذلك لسببين ، الأول : لقد تغير مفهوم المورث مع اتجاهات حديثة في الأبحاث الوراثية ، وكذلك في بيولوجيا الإشعاع ، تغيرا كبيرا في ثلاثين سنة . الثاني : لقد أفادت الكراسية الخضراء في خدمة غرض نافع ، وهو أنها ساعدت على المباشرة بهذه الاتجاهات الحديثة»^(٣٧) .

كانت ملاحظة تيموفيف بأن معدل الطفرات يرتفع إلى خمسة أضعافه عند ارتفاع درجة الحرارة ١٠ درجات ، هي الأساس الذي بنى عليه دليبروك تقديره للطاقة اللازمة للطفرات التلقائية . ولكن أصبح من المعروف الآن أن هذه الملاحظة ليست صحيحة دائما ، إذ وجد أن هناك معدلات طفرات أخرى ليس لها علاقة بدرجة الحرارة ، أو حتى إنها قد تندني مع ارتفاع درجات الحرارة^(٣٨) . فهذه الاكتشافات تهدم أيضا ركننا آخر من أركان الكراسية الخضراء ، ولكنها تثبت مقولة كارل يوبر القائلة إن النتائج التجريبية وإن تكن خاطئة ، فقد تساعد أحيانا على تحقيق تقدم علمي .



الهوامش والمراجع

مقدمة :

- 1- Peter Medawar, The Limes Literary Supplement (London). 25 October 1963: 850.

هل العلم ضروري؟

- 1-Iris Origo, The Merchant of Prato (Harmondsworth: Penguin Books, 1963).
- 2- H.R. Trevor-Roper, Religion, the Reformation and Social Change, and Other Essays (London. Macmillan, 1967).
- 3- Martin Gardner, "Seeing Stars." New York Review of Books. 30 june 1988.
- 4- S.C. Brown, Benjamin Thompson, Count Rumford (Cambridge, Mass: MIT Press, 1979).
- 5- H.L. Gumpert. Lichtenberg in England (wiesbaden: Otto Harrassow 112 1977).
- 6- Seventh Report of the Royal Commission for Environmental pollution, Agriculture, and the Environment (Her Majesty's Stationery of fice, Cmd. No. 7644, 1980).
- 7- M.S.Swaminathan and V. Nagarajan, "Building a National Food Security System," Indian Journal of Nutrition Science 16 (Delhi: 1979): 83; M. S. Swaminathan, "Recent Advances in Agricultural Sciences, "Proceedings of a Seminar on Science and its Impact on Society (Delhi: Indian National Science Academy, 1978).
- 8- M.S. Swaminathan. Global Aspects of Food Production (Geneva: World Meteorological Organisation. World Climate Conference, 1979).
- 9- M.S. Swaminathan, "Rice." Scientific American 250 (January 1984): 63.
- 10- Vaclav Smil, "China's Food." Scientific American 253 (December 1985):

- 104- N.R. Lardy, *Agriculture in China* (Cambridge: Cambridge University Press, 1983).
- 11- *African Agriculture: The Next Twenty-five Years* (Rome: Food and Agriculture Organization, 1986).
- 12- "A Strategy to Put an End to Starvation," *The Guardian* (London), 9 November 1984.
- 13- *World Development Report 1986* (Oxford: Oxford University Press for the World Bank, 1986).
- 14- M.M. Cernea, J.K. Coulter, and J.F.A. Russell, eds., *Agricultural Extension by Training and Visits: The Asian Experience* (Washington, D.C.: The World Bank, 1983).
- 15- R.P. Sheldon, "Phosphate Rock". *Scientific American* 246 (June 1982): 31.
- 16- *Seventh Report of the Royal Commission for Environmental Pollution*.
- 17- Johanna Dobereiner, J.S.A. Netto, and D.B. Arkoll, "Energy Alternatives from Agriculture," *Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varia* 46 (1981): 431-58.
- 18- M.W. Service, "Control of Malaria," in *Ecological Effects of Pesticides*, ed. F. K. Perring and Kenneth Mellanby (New York: Academic Press, 1977).
- 19- *Seventh Report of the Royal Commission for Environmental Pollution*; Kenneth Mellanby, *The Biology of Pollution*, 2d ed. (London: Edward Arnold, 1980).
- 20- David Pimentel and Marcia Pimentel, *Food, Energy, and Society, Resources and Environmental Sciences Series* (London: Edward Arnold, 1979).
- 21- D.C. Wilson, "Lessons from Seveso," *Chemistry in Britain* 18 (1982): 499.
- 22- D. Weir and M. Schapiro, *Circle of Poison* (Institute for Food and Development Policy, 2588 Mission Street, San Francisco, Calif. 94-100:1982).
- 23- M.E. Loevinsohn, "Insecticide Use and Increased Mortality in Rural Central Luzon, Philippines." *Lancet* 13 (June 1987): 1359.
- 24- G. C. Pimental and J.A. Coonrod, *Opportunities in Chemistry* (Washington, D. C.: National Academy Press, 1987); R.A. Coffee, "Electrodynamic Crop Spraying," *Outlook on Agriculture* 10 (1981): 350.
- 25- E.A. Bernays, "Nutritional Ecology of Grass Foliage-chewing Insects," in *Nutritional Ecology of Insects, Mites, and spiders* (London: Wiley, 1986).

- 26- Seventh Report of the Royal Commission for Environmental Pollution.
- 27- J. C. Zadoks. "An Integrated Disease and Pest Management Scheme, EPI-PRE, for Wheat, "in Better Crops for Food, Ciba Symposium no. 79 (London: Pitman, 1983).
- 28- Pimentel and Pimentel, Food Energy, and Society.
- 29- R.S. Chaleff, Genetics of Higher Plants (Cambridge: Cambridge University Press, 1981); Better Crops for Food; Michael Bevan, "Binary Agrobacterium Vectors for Plant Transformation, "Nucleic Acids Research 12 (1984): 8711.
- 30- Arthur Klausner, "Monsanto: Betting a Giant on Biotechnology, "Biotechnology 4 (1986): 403.
- 31- Patricia Powell Abel, R.S. Nelson, Baron De, Nancy Hoffman, S.G. Rogers, R.T. Fraley, and R.N. Beachy. "Delay of Disease Development in Transgenic Plants That Express the Tobacco Mosaic Virus Coat Protein. Gene, "Science 232 (1986): 738.
- 32- D.M. Shah et al., "Engineering Herbicide Tolerance in Transgenic Plants, "Science 233 (1986): 478.
- 33- A. de la Pena, H. Lorz, and J. Schell. "Transgenic Rye Plants Obtained by Injecting DNA into Young Floral Tillers, "Nature 325 (1987): 274.
- 34- Max-Planck Institut für Züchtungsforschung, Max-Planck Gesellschaft, Berichte und Mitteilungen Heft 2 (München: 1986).
- 35- M.D. Gale et al., "An Alpha-amylase Gene from Aegilops ventricosa Transferred to Bread Wheat Together with a Factor for Eyespot Resistance, "Heredity 52 (1984): 431.
- 36- Beatrice Mintz, "Gene Expression in Neoplasia and Differentiation," Harvey Lectures 71 (1978): 193.
- 37- R.D. Pakister, R.L. Brinster et al., "Dramatic Growth of Mice That Develop from Eggs Microinjected with Metalloprotein Growth Hormone Fusion Gene,"Nature 300 (1982): 611.
- 38- Edmund Halley, "An Estimate of the Degree of Mortality of Mankind Drawn from Various Tables of the Births and Funerals at the City of Breslau; with an Attempt to Ascertain the Price of Annuities upon Lives, "Philosophical Transactions of the Royal Society 17 (1693): 596.
- 39- John Cairns, "The History of Mortality and the Conquest of Cancer", in Accomplishments in Cancer Research (Philadelphia: J.B. Lippincott, 1985).

- 40- Douglas Black, J.N. Morris, C. Smith, and P. Townsend, *Inequalities in Health* (London: Penguin Books, 1982).
- 41- John Cairns, "The History of Mortality."
- 42- A.M. Anderson, "The Great Japanese IQ Increase, "Nature (London) 297 (1982): 181.
- 43- J. Fry, D. Brooks, and I. McColl, *National Health Service Data Book* (Hingham, Mass.: Kluwer Boston, MTP Press, 1987).
- 44- John Cairns, *Cancer, Science, and Society* (San Francisco: W.H.Freeman, 1978).
- 45- Fry, Brooks, and McColl, *NHS Data Book*.
- 46- Richard Doll, Richard Peto, David Evered, and Julie Whelan, eds., *The Value of Preventive Medicine*, CIBA Symposium no. 110 (London: Pitman, 1985).
- 47- Takashi Sugimura, "Carcinogenicity of Mutagenic Heterocyclic Amines Formed during the Cooking Process, "Mutation Research 150 (1985): 33.
- 48- John Cairns, "The Treatment of Diseases and the War against Cancer," Scientific American 253 (November 1985): 31-39; Robert W. Miller and Frank W. McKay, "Decline in U.S. Childhood Cancer," Journal of the American Medical Association 251(1984): 1567.
- 49- Joan Shenton, "Exporting Danger to the Third World, "The Independent (London), 23 October 1987.
- 50- M.F. Steward, "Public Policy and Innovation in the Drug Industry, "in Proceedings of Section 1o (General) of the British Association for the Advancement of Science, 139th Annual Meeting 1977, ed. Douglas Black and G.P. Thomas (London: Croom Helm, 1980); H.G.Grabowski, J.M. Vernon, and L.G. Thomas, "Estimating the Effect of Regulation on Innovation: An International Comparative Analysis of the Drug Industry, "Journal of Law and Economics 21 (1978): 133; Arzneimittel-forschung in Deutschland (Pharma, Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie, Karlstrasse 21, 6000 Frankfurt: 1979-80).
- 51- Vulimiri Ramalingaswami. "The People. More Technologies for Rural Health. "Proceedings of the Royal Society B 209 (1980): 83.
- 52- Fry, Brooks, and McColl, *NHS Data Book*.
- 53- Doll, Peto, Evered, and Whelan, *The Value of Preventive Medicine*.
- 54- D.J. Weatherall, *The New Genetics and Clinical Practice* (Oxford: Oxford

University Press, 1985.

55- Bernadette Modell, R.H.T. Ward, and D.V.L. Fairweather. "Effect of Introducing Antenatal Diagnosis on Reproductive Behaviour of Families at Risk for Thalassaemia Major, "British Medical Journal 1 (1980): 1347.

56- Report of the World Health Organization/Mediterranean Working Group on Haemoglobinopathies, Brussels: 14 March 1986; Paris: 20 21 March 1987.

57- H.A. Pearson, D.K. Guillotis, L. Rink, and J.A. Wells, "Patient Distribution in Thalassaemia Major: Changes from 1973 to 1985, "Pediatrics 80 (1987): 53.

58- Thomas Doetschman, R.G. Gregg, Nobuyo Maeda, M. L. Hooper, D. W. Melton, Simon Thompson, and Oliver Smithies, "Targeted Correction of a Mutant HPRT Gene in Mouse Embryonic Stem Cells, Nature 330 (1987): 576.

59- Le Roy Walters, "The Ethics of Human Gene Therapy," Nature 320 (1986): 225-227; "Points to Consider in the Design and Submission of Human Somatic-Cell Gene Therapy Protocols," Recombinant DNA Technology Bulletin 8 (1985): 116-22.

60- R.A. Weinberg, "A Molecular Basis of Cancer," Scientific American 249 (November 1983): 102-16; Tony Hunter. "The Proteins of Oncogenes." Scientific American 251 (August 1984): 60-69.

61- "The Thrombolysis in Myocardial Infarction Trial: Phase I Findings," New England Journal of Medicine 312 (1985): 932-36; M. Verstraete et al., "Randomized Trial of Intravenous Recombinant Tissue-type plasminogen Activator Versus Intravenous Streptokinase in Acute Hydrocardial Infarction, "Lancet I (1985): 842.

62- A.J.Jeffreys. V. Wilson and S. L.Thein, "Hypervariable Minisatellite Regions in Human DNA. "Nature 314 (1985): 67;A. J. Jeffreys, V. Wilson and S.L. Thein, "Individual-specific Fingerprinting of Human DNA, "Nature 316 (1985): 76;A. J.Jeffreys, J.F.Y. Brookfield, and R. Semenoff, "Positive Identification of an Immigrant: Test Case Using Human DNA Fingerprints, "Nature 317 (1985): 818.

63- Lewis Thomas, The Youngest Science (New Yourk: The Viking Press, 1983; Oxford: Oxford University Press, 1984).

64- Rene J. Dubos, The Professor, The Institute and DNA (New York: The Rockefeller University Press. 1976).

- 65- Peter Baxendell, "Enhancing Oil Recovery - Making the Most of what We've Got," Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy 94A (April 1985): A84 - A89.
- 66- The Energy Spectrum: Oil, Natural Gas, Coal, Hydro, Nuclear, Biomass, Geothermal Solar, Tidal, Wind-Shell Briefing Service, no. 3, 1982.
- 67- H.W. Lewis, "The Safety of Fission Reactors" Scientific American 242 (March 1980): 33; H.M. Agnew. "Gas-cooled Nuclear Power Reactors". Scientific American 244 (1981): 43.
- 68- G.T. Seaborg and J.L. Bloom, "Fast Breeder Reactors," Scientific American 233 (1970): 13.
- 69- Sixth Report of the Royal Commission for Environmental Pollution, Nuclear Power, and the Environment (Her Majesty's Stationery Office, Cmd. No. 6618, 1976).
- 70- Alan Anderson, "Congress Goes for Nevada as Site for Nuclear Waste Storage" Nature 330 (1987): 682.
- 71- N.J.D. Lucas, Energy in France (London: Europa Publications, 1980).
- 72- U.S. Department of Energy, Energy Information Administration, Electric Power Annual, 1986. DOE/EIA-o348 (86).
- 73- U.S. Department of Energy, Energy Information Administration, Annual Energy Outlook, 1984. DOE/EIA-0383 (84).
- 74- "Shutting the Stable Door," Nature 223 (1986): 28.
- 75- "Chronology of a Catastrophe," Nature 223 (1986): 28; Richard Wilson, "What Really Went Wrong," Nature 223 (1986): 29.
- 76- William Booth, "Postmortem on Three Mile Island," Science 238 (1987): 1342; U.S. Nuclear Regulatory Commission. Office of Government and Public Affairs, Washington, D.C. 20555.
- 77- House of Lords Official Report, 19 November 1986 (Her Majesty's Stationery Office), 348-428.
- 78- Ibid.
- 79- Ibid.
- 80- Walter Marshall, "Tizard Lecture." Atom, June 1986, I-8.
- 81- A.V. Nero, Jr., "Controlling Indoor Pollution," Scientific American 258 (May 1988): 24.
- 82- David Forman, Paula Cook-Mozaffari, Sarah Derby, Gwyneth Davey Irene Stratton, Richard Doll and M. Pike, "Cancer near Nuclear Installations." Nature 329 (1987): 499.

- 83- Guido Biscontin and Luigi Cattalini, "Venice Regained". Chemistry in Britain 16 (1980): 360.
- 84- Health and Safety Statistics, 1987 (Her Majesty's Stationery Office, ISBN No. 011883263X. 1981).
- 85- Roger Revelle, "The Problem with Carbon Dioxide." in Yearbook of Science and the Future (Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1984).
- 86- Roger Revelle, "Carbon Dioxid and World Climate," Scientific American 247 (August 1982): 33-41; W.S. Moore, "Late Pleistocene Sea Level History," in Uranium Series Disequilibrium: Application to Environmental Problems, ed. M. Ivanovich and R.S. Harmon (Oxford: Clarendon Press, 1982).
- 87- Peter Kapitza, "physics and the Energy Problem." New Scientist 72 (1976):10.
- 88- W.C. Gough and B.J. Eastlund, "The Prospects of Fusion Power", Scientific American 224 (February 1971): 50; Gerold YOnas. "Fusion Power with Particle Beams." Scientific American 239 (November 1978): 40; Peter Kapitza, "Energy, the Fusion Solution." New Scientist 72 (1976): 83.
- 89- Martin Ryle, "The Energy Problem." Resurgence no. 80 (May-June 1980): 6; M. Spencer, "Nuclear Energy, the Real Cost." Ecologist (London) (1982).
- 90- D.W. Davidson. "Methane Hydrates." in Natural Gas Hrdates, ed. j.L.Cox (Boston: Butterwrth. 1983).
- 91- Thomas Gold, Power from the Earth (London: J.M. Dent, 1987).
- 92- World Development Report, 1986.
- 93- L.R. Brown, "world Population Growth, Soil Erosion, and Food security," Science 214 (1981): 995.
- 94- Carl Djerassi, The politics of Contraception (New York: W.W. Norton, 1979).
- 95- Karl Popper, The Open Society and Its Enemies (London: Routledge & Kegan Paul, 1962).
- 96- Peter Medawar, "Induction and Intuition in Scientific Thought." in American Philosophical Society Memoirs 75. Jayne Lectures (Philadelphia: 1969).
- 97- Gotz Aly, ed., Aktion T4 1939 - 45: Die "Euthanasie" Zentrale in der Tiergartenstrasse 4 (Berlin: Edition Hentrich, 1987). My translation.
- 98- Ibid.; Benno Muller-Hill, Totliche Wissenschaft: die Aussonderung von Juden, Zigeunern und Geisteskranken, 1933-1945 (Deadly Science: The Se-

- lection of Jews, Gypsies, and Mental Patients, 1933-1945) (Rowolt Taschenbuch Verlag, Postfach 1349, D-2057 Reinbek bei Hamburg, 1984).
- 99- Muller-Hill, Totliche Wissenschaft.
- 100- S.A. Fetter and K. Tsipis, "Catastrophic Releases of Radioactivity," Scientific American 244 (1981): 33.
- 101- Solly Zuckerman, Nuclear Illusion and Reality (London: Collins, 1982).

مكتشفو البنسلين

- 1- Gwyn Macfarlane, Howard Florey: The Making of a Great Scientist (Oxford: Oxford University Press, 1979).
- 2- Ronald Hare, The Birth of Penicillin (London: George Allen & Unwin, 1970).
- 3- Ibid.
- 4- Ibid.
- 5- R.W. Clark, The Life of Ernst Chain (London: Weidenfeld & Nicolson, 1985).
- 6- Sir Edward Abraham, "Ernst Boris Chain," in Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society 29 (1983): 43.
- 7- Andre' Maurois, The Life of Alexander Fleming (London: Jonathan Cape, 1959).
- 8- Peter Medawar, "Induction and Intuition in Scientific Thought," in American Philosophical Society Memoirs 75 (1969).
- 9- Sanford Brown and Benjamin Thompson, Count Rumford (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1979).

كيف تصبح عالماً؟

- 1-Baruch Blumberg, Les Prix Nobel (Stockholm: 1976).

عالم جديد شجاع

- 1- R.C. Haddon and A.A. Lamola. "The Molecular Electronic Device and the Biochip Computer: Present Status." Proceedings of The National Academy of Sciences 82 (1985): 1774 - 1878.
- 2- Freeman Dyson, Disturbing the Universe (New York: Harper & Row. 1979).
- 3- Steven Weinberg, Discovery of Subatomic Particles (New York: Scientific American Books, 1983).

أشغال الطبيعة غير المتقنة

1-August Weismann, *Essais sur L'Heredite'* (Paris: C. Reinwald et Cie, 1892).

داروين وبوير والتطور

- 1- Karl Popper, *Conjectures and Refutations* (London: Routledge & Kegan Paul, 1972).
- 2- Karl Popper, *The Open Society and Its Enemies* (London: Routledge & Kegan Paul, 1962).
- 3- Christian Bauer, H.S. Rollem, H.W. Till, and Gerhard Braunitzer, *Journal of Comparative Physiology* 136 (1980):67.
- 4- D. Petschow, Irene Wurdinger, Rosemarie Baumenn, G.Duhm, Gerhard Braunitzer, and Christian Bauer, *Journal of Applied Physiology* 42 (1977): 139.
- 5- M.A. Chappell and L.R.J. Snyder, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 81 (1984): 5484.
- 6- Jonathan Flint et al., *Nature* 321 (1986): 744,
- 7- Jose'e Pagnier et al., *Proceedings of the National Academy of Sciences* 81 (1984): 1771.

وزارة الدفاع

- 1- C. Kumar Patel and Nicolaas Bloembergen, cochairmen, "Report of the American Physical Society on the Feasibility of Directed Energy Weapons." *Scientific American* (June 1987): 16.
- 2- F. Noireau, "HIV Transmission From Monkey to Man" in *The Lancet* (27 June 1987): 1499.
- 3- A. Kashamura. *Famille, Sexualite' et Culture* (Paris: Payot. 1973).

المزيد عن المناعة

- 1- Peter Medawar. *The Times Literary Supplement* (London). 25 October 1963: 850.

- 1- N.W. Timofeeff Ressovsky, K.G. Zimmer and Max Delbruck. Nach richten aus der Biologie der Gesellschaft der Wissenschaften Göttingen I (1935): 189 - 245.
- 2- E.J. Yoxen, History of Science 17 (1979): 17-52.
- 3- François Jacob. The Logic of Living Systems (London: Allen Lane. 1974).
- 4- F.H.C. Crick, British Medical Bulletin 21 (1965): 183-86.
- 5- F.H. C. Crick, quoted by R. C. Olby, Journal of the History of Biology 4 (1971): 119-48.
- 6- E.J. Yoxen, History of Science 17 (1979): 17-52.
- 7- G.W. Beadle and E. L. Tatum, Proceedings of the National Academy of Sciences 27 (1941):499-506.
- 8- J.B.S. Haldane, The Biochemistry of the Individual in Perspectives of Biochemistry, ed. J. Needham and D.E. Green (Cambridge: Cambridge University Press, 1937), 1-10.
- 9- C.H. Waddington Nature 221 (1969): 318-21.
- 10- Joseph Weiss, Nature 153 (1944): 748-50.
- 11- E. Collinson, F.S. Dainton, D.R. Smith, and S. Tazuke, Proceedings of the Chemical Society (1962): 140-44.
- 12- G. Czapski and H. A. Schwartz, Journal of Physical Chemistry 66 (1962): 471-79.
- 13- F.S. Dainton, Chemical Society Reviews 4 (1975): 323-62.
- 14- Niels Bohr, Nature 131 (1933): 458-60.
- 15- Linus Pauling and Max Delbruck. Science 92 (1940): 77-79.
- 16- Haldane, The Biochemistry of the Individual.
- 17- Ludwig Boltzmann, Der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie (Vienna: Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, 1886).
- 18- E.J. Yoxen, History of Science 17 (1979): 17-52).
- 19- Ibid.
- 20-O.T. Avery, C.M. McCleod, and Maclyn McCarty Journal of Experimental Medicine 79 (1944): 137-58.
- 21-J.B.S. Haldane, Nature 155 (1945): 375-76.
- 22- Arthur Kornberg, DNA Replication (San Francisco: W. H. Freeman. 1980); and Kornberg, Supplement to DNA Replication (San Francisco: W. H. Freeman, 1982).

- 23- Olga Kennard, "Structural Studies of Base Pair Mismatches". in: *Structure and Expression, DNA and Drug Complexes*, eds. R. H. Sarma and M.H. Sarma (New York: Adenine Press. 1988): 1-25.
- 24- Kornberg, *DNA Replication: Kornberg. Supplement*.
- 25- A.R. Fersht, *Proceedings of the Royal Society B* 212 (1981): 351-79.
- 26- B.W. Glickman and Miroslav Radman, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 77 (1989): 1063-67, For review of mismatch repair in *E. coli* see Miroslav Radman and Robert Wagner, *Annual Review of Genetics* 20 (1986): 523-38; *Scientific American* (August 1988): 24.
- 27- Eduard Batschelet, Esteban Domingo and Charles Weissman. *Gene* 1 (1976): 27-33.
- 28- Linus Pauling, *Festschrift prof Dr. Arthur Stoll Stebzigsten Geburtstag* (1958): 507 - 622.
- 29- Fersht, *Proceedings of the Royal society B*212 (1981):531-79.
- 30- R. B. Loftfield and Dorothy Vanderjagt, *Biochemical Journal* 128 (1972): 1353-56.
- 31- Fersht, *Proceedings of the Royal Society B*212 (1981): 351-79.
- 32- J.J. Hopfield, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 77 (1974): 4135-39; R.C. Thompson and P.J. Stone, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 74 (1977): 198-202; J.L. Yates, *Journal of Biological Chemistry* 254 (1979): 1150-54.
- 33- Z.A. Medvedev, *Genetics* 100 (1982): 1-5.
- 34- Oskar Vogt. *Journal für Psychologie und Neurologie* 40 (1929): 108.
- 35- K.G. Zimmer, *Quantitative Radiation Biology* (Edinburgh: Oliver & Boyd, 1961).
- 36- H. Traut, "Dose-Dependence of the Frequency of Radiation-induced Recessive Sex-linked Lethals in *Drosophila melanogaster*, with Special Consideration of the Stage Sensitivity of the Irradiated Germ Cells," in *Repair from Genetic Radiation Damage*, ed. F.H. Sobels (London: Pergamon Press. 1963).359.
- 37- K.G. Zimmer, "The Target Theory," in: *Phage and the Origins of Molecular Biology*, eds. John Cairns, G.S. Steng, and J.D. Watson (Long Island: Cold Spring Harbor Laboratory of Quantitative Biology, 1966), 33-42.
- 38- B.L. Sheldon and J.S.F. Barker, "The Effect of Temperature on Mutation in *Drosophila melanogaster*." *Mutation Research* I (1964): 310-17.

* * *

المؤلف في سطور:

ماكس بيروتز

* من مواليد ألمانيا عام ١٩١٥

* أكمل دراسته الجامعية في كامبردج (انجلترا) وحصل على دكتوراه
فلسفة في الكيمياء الحيوية عام ١٩٤٠ وبقي هناك.

* اكتشف بنية الهيموغلوبين (خضاب الدم) ووظيفته ونال على
اكتشافه جائزة نوبل المخصصة للكيمياء عام ١٩٦٢.

* عمل سنوات عدة مديرا في هيئة البحث الطبي لوحدة البيولوجيا
الجزئية في مختبر كافنديش في كامبردج.

الترجمان في سطور:

محمد وائل الأتاسي

* يحمل إجازة في الرياضيات
والفيزياء ودبلوما في التربية
وعلم النفس.

* عمل عضوا في قسم المناهج
في وزارة التربية السورية
وكذلك في المعهد الوطني
التربوي في الجزائر.

* له مقالات منشورة في المجلات
العربية الفكرية والثقافية.



طرائق الحداثة

ضد المتوائمين الجدد

تأليف: راييموند ويليامز

مراجعة: فاروق عبدالقادر

* ترجم كتباً علمية عدة منها: الدقائق الثلاث الأولى من عمر الكون؛
نظرية الكم وقصتها الغربية؛ قصة الفيزياء؛ العقل والحاسوب
وقوانين الفيزياء.

د . بسام المعصراني

- * يحمل شهادة الدكتوراه في الفيزياء.
- * أستاذ الفيزياء في جامعة دمشق.
- * ألف وترجم عدداً من الكتب العلمية المتخصصة.
- * ترجم عدداً من المقالات العلمية والكتب العلمية المبسطة منها:
فيزياء عالم الصغائر؛ الطرائق الموضوعية للتأريخ؛ العقل والحاسوب
وقوانين الفيزياء.



سلسلة عالم المعرفة

«عالم المعرفة» سلسلة كتب ثقافية تصدر في مطلع كل شهر ميلادي عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - دولة الكويت - وقد صدر العدد الأول منها في شهر يناير عام ١٩٧٨.

تهدف هذه السلسلة إلى تزويد القارئ بمادة جيدة من الثقافة تغطي جميع فروع المعرفة، وكذلك ربطه بأحدث التيارات الفكرية والثقافية المعاصرة. ومن الموضوعات التي تعالجها تأليفا وترجمة :

١ - الدراسات الإنسانية : تاريخ - فلسفة - أدب الرحلات - الدراسات الحضارية - تاريخ الأفكار.

٢ - العلوم الاجتماعية: اجتماع - اقتصاد - سياسة - علم نفس - جغرافيا - تخطيط - دراسات استراتيجية - مستقبلات.

٣ - الدراسات الأدبية واللغوية : الأدب العربي - الآداب العالمية - علم اللغة.

٤ - الدراسات الفنية : علم الجمال وفلسفة الفن - المسرح - الموسيقى - الفنون التشكيلية والفنون الشعبية.

٥ - الدراسات العلمية : تاريخ العلم وفلسفته ، تبسيط العلوم الطبيعية (فيزياء، كيمياء، علم الحياة، فلك) - الرياضيات التطبيقية (مع الاهتمام بالجوانب الإنسانية لهذه العلوم)، والدراسات التكنولوجية.

أما بالنسبة لنشر الأعمال الإبداعية - المترجمة أو المؤلفة - من شعر وقصة ومسرحية، وكذلك الأعمال المتعلقة بشخصية واحدة بعينها فهذا أمر غير وارد في الوقت الحالي.

وتحرص سلسلة «عالم المعرفة» على أن تكون الأعمال المترجمة حديثة النشر.

وترحب السلسلة باقتراحات التأليف والترجمة المقدمة من المتخصصين، على ألا يزيد حجمها على ٣٥٠ صفحة من القطع المتوسط، وأن تكون مصحوبة بنبذة وافية عن الكتاب وموضوعاته وأهميته ومدى جدته. وفي حالة الترجمة ترسل نسخة مصورة من الكتاب بلغته الأصلية، كما ترفق مذكرة بالفكرة العامة للكتاب، وكذلك يجب أن تدون أرقام صفحات الكتاب الأصلي المقابلة للنص المترجم على جانب الصفحة المترجمة، والسلسلة لا يمكنها النظر في أي ترجمة ما لم تكن مستوفية لهذا الشرط. والمجلس غير ملزم بإعادة المخطوطات والكتب الأجنبية في حالة الاعتذار عن عدم نشرها. وفي جميع الحالات ينبغي إرفاق سيرة ذاتية لمقترح الكتاب تتضمن البيانات الرئيسية عن نشاطه العلمي السابق.

وفي حال الموافقة والتعاقد على الموضوع - المؤلف أو المترجم - تصرف مكافأة للمؤلف مقدارها ألف دينار كويتي، وللمترجم مكافأة بمعدل خمسة عشر فلساً عن الكلمة الواحدة في النص الأجنبي أو تسعمائة دينار أيهما أكثر (وبحد أقصى مقداره ألف ومائتا دينار كويتي)، بالإضافة إلى مائة وخمسين ديناراً كويتياً مقابل تقديم المخطوطة - المؤلفه والمترجمة - من نسختين مطبوعتين على الآلة الكاتبة.



على القراء الذين يرغبون في استدراك ما فاتهم من إصدارات
المجلس التي نشرت بدءاً من سبتمبر ١٩٩١، أن يطلبوها
من الموزعين المعتمدين في البلدان العربية:

● **الجمهورية العربية السورية**
للؤسسة العربية السورية لتوزيع المطبوعات
دمشق - ص. ب: ١٢٠٣٥

تلفون: ٢١٢٧٧٩٧ - ٢١٢٥٨٧٤

● **الجمهورية اللبنانية**

الشركة العربية للتوزيع

بيروت - ص. ب: ٤٢٢٨ - ١١

تلفون: ٣٤٣١٤٥ - ٣٤٢٨٧٠

● **المملكة الأردنية الهاشمية**

وكالة التوزيع الأردنية

عمان - ص. ب: ٣٧٥

تلفون: ٦٣٠١٩١ - ٦٢٧٦٤٤

● **الجمهورية التونسية**

الشركة التونسية للمصاحف

تونس - ص. ب: ٤٤ / ٧٢

تلفون: ٢٤٢٤٩٩

● **المملكة المغربية**

الشركة الشرفية لتوزيع الصحف

ص. ب: ٦٨٣ / ١٣ الدار البيضاء 20300

تلفون: ٤٠٠٢٢٣

● **الجزائر**

للتحفة للنشر والاتصال

٢٣٨ ش. في دو موسىان

الينابيع - بنر مراد رابح

ت: ٥٦٨٢٣١ - ف: ٥٦٥٨٣٠

● **الجمهورية اليمنية**

محلات الفوائد التجارية

الحديدة - ص. ب: ٣٠٨٤

تلفون: ٢١٧٧٤٥ - ٢١٧٤٤٤

● **دولة الكويت**

- المركز الثقافي بمشرف

بجانب جمعية مشرف التعاونية

ت: ٥٣٩٨٠٦٥

- مركز السرة

بجانب جمعية السرة

ت: ٥٣٢٠٨٢٤ / ٥٣٢٠٨٢٥

● **المملكة العربية السعودية**

الشركة السعودية للتوزيع

ص. ب: ١٣١٩٥ - ٢١٤٩٣ جدة

تلفون: ٦٦٩٤٧٠٠ - ٦٥٣٠٩٠٩

● **دولة الإمارات العربية المتحدة**

مؤسسة البيان للمصاحف والطباعة والنشر

دبي - ص. ب: ٢٧١٠

تلفون: ٤٤٤٤٠٠

● **دولة البحرين**

الشركة العربية للوكالات والتوزيع

المنامة - ص. ب: ١٥٦

تلفون: ٢٥٥٧٠٦ - ٢٥١٥٣١

● **سلطنة عمان**

محلات الثلاث نجوم

ص. ب: ١٨٤٣ روي 112

تلفون: ٧٩٣٤٢٤ - ٧٩٣٤٢٣

● **دولة قطر**

دار العروبة للمصاحف والطباعة والنشر

الدوحة - ص. ب: ٦٣٣

تلفون: ٤٢٥٧٢٣

● **جمهورية مصر العربية**

مؤسسة الأهرام

القاهرة - شارع الجلاء

تلفون: ٥٧٨٦٣٠٠ - ٥٧٨٦١٠٠



سعر النسخة

مؤسسات	أفراد	الاشتراكات :		
ك. ٥٢٥	ك. ٥١٥	دولة الكويت	دينار كويتي	الكويت ودول الخليج
ك. ٥٣٠	ك. ٥١٧	دول الخليج	ما يعادل دولارا أمريكيا	الدول العربية الأخرى
٥٠ دولارا أمريكيا	٢٥ دولارا أمريكيا	الدول العربية الأخرى	أربعة دولارات أمريكية	خارج الوطن العربي
١٠٠ دولارا أمريكيا	٥٠ دولارا أمريكيا	خارج الوطن العربي		

المراسلات ترسل باسم:

الأمين العام للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

ص. ب. : ٢٣٩٩٦ الصفاة/ الكويت - 13100

برقيا : ثقف - فاكسميلي : ٢٤٣١٢٢٩

قسيمة اشتراك

البيان		مسللة عالم المعرفة		مجلة الطاقة العالمية		مجلة عالم الفكر		مسللة المسرح العالمي	
د.ك	دولار	د.ك	دولار	د.ك	دولار	د.ك	دولار	د.ك	دولار
٢٥	-	١٢	-	١٢	-	-	١٢	٢٠	-
١٥	-	٦	-	٦	-	-	٦	١٠	-
٣٠	-	١٦	-	١٦	-	-	١٦	٢٤	-
١٧	-	٨	-	٨	-	-	٨	١٢	-
-	٥٠	-	٣٠	-	٣٠	-	٢٠	-	٥٠
-	٢٥	-	١٥	-	١٥	-	١٠	-	٢٥
-	١٠٠	-	٥٠	-	٥٠	-	٤٠	-	١٠٠
-	٥٠	-	٢٥	-	٢٥	-	٢٠	-	٥٠

الرجاء ملء البيانات في حالة رغبتكم في : تسجيل اشتراك ☐ تجديد اشتراك ☐

الاسم :
العنوان :
اسم المطبوعة :
مدة الاشتراك :
المبلغ المرسل :
نقدا / شيك رقم :
التوقيع :
التاريخ : ١٩ / / م

تسدد الاشتراكات مقدما بحوالة مصرفية باسم المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، مع مراعاة سداد عمولة البنك المحول عليه المبلغ في الكويت. وترسل على العنوان التالي :

السيد الأمين العام للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب
ص.ب: ٢٣٩٩٦ - الصفاة - الرمز البريدي 13100
دولة الكويت

هذا الكتاب

ماكس بيروتز هو أحد أبرز علماء بريطانيا . وقد عمل لسنوات عدة مديراً لقسم البيولوجيا الجزئية بمجلس البحوث الطبية بجامعة كامبردج . وقد حاز جائزة نوبل في الكيمياء عام ١٩٦٢ لأبحاثه واكتشافاته في مجال تركيب الهيموجلوبين ووظائفه . وفي هذه المجموعة عالية التميز من الدراسات يقدم بيروتز دفاعاً بليغاً ومثيراً عن أهمية العلم والعلماء .

والكتاب عرض غير متخصص لأهم مكتشفات القرن ، يشتمل على دراسات شائعة تنتقل من وقائع تثبت أنه لا غنى لنا عن العلم ، إلى أجوبة عن تساؤلات ربما عرضت للكثيرين منا : من اكتشاف الصبغيات (الكروموسومات)؟ وما شكلها وتركيبها؟ ومن بدأ بدراسة المناعة؟ وما المجهود الذي بُذل للوصول إلى هذه النتائج التي نلمس في كل يوم ثمارها؟

لقد أبعدت هذه النتائج عن أذهاننا حاجس الخوف من الأوبئة ، وبشرتنا بعطاءات الهندسة الوراثية ، سواء في مكافحة الأوبئة أو في تحسين الإنتاج الزراعي . وهذا كله معروض بقلم أحد أبرز العلماء البريطانيين ، لا يبالغ في التبسيط إلى حد تدليل القارئ ، ولا في التعقيد إلى حد تضليله . يستطيع كل إنسان قراءته ، والتزود منه بما فيه من معارف بيولوجية وفيزيائية وكيميائية ، حتى أن المختص نفسه يستطيع أن يجد فيه ما لم يكن يعرفه .

سعر النسخة

مؤسسات	أفراد	الاشتراكات :	الدول العربية الأخرى	دول الخليج	دولة الكويت	دينار كويتي
٥٠ دولار أمريكي	٢٥ دولار أمريكي	١٠٠ دولار أمريكي	٥٠ دولار أمريكي	١٠٠ دولار أمريكي	٥٠ دولار أمريكي	٥٠ دولار أمريكي
١٠٠ دولار أمريكي	٥٠ دولار أمريكي	١٠٠ دولار أمريكي	٥٠ دولار أمريكي	١٠٠ دولار أمريكي	٥٠ دولار أمريكي	٥٠ دولار أمريكي